Verteilung des Blutvolumens und Hämatokrits auf die Organe neugeborener Ferkel

Franz Köferl

1979

Aus der Kinderklinik der Universität München
Im Dr. von Hauner'schen Kinderspital
Direktor: Prof. Dr. K. Betke

VERTEILUNG DES BLUTVOLUMENS UND HÄMATOKRITS AUF DIE ORGANE NEUGEBORENER FERKEL

Inaugural - Dissertation
Zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin
an der Medizinischen Fakultät der Ludwig-Maximilians-
Universität in München

vorgelegt von

FRANZ KÖFERL

MÜNCHEN

1978

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Mit Genehmigung des Fachbereichs Medizin der Universität München

Berichterstatter:	Prof. Dr. K. Riegel
Mitberichterstatter:	Prof. Dr. K. Betke
Dekan:	Prof. Dr. W. Spann
Tag der mündlichen Prüfung:	22.3.79

INHALTSVERZEICHNIS SEITE

1.	EINLEITUNG	1
2.	TIERE UND VERSUCHSDURCHFÜHRUNG	2
2.1.	Tiere	2
2.2.	Versuchsdurchführung	2
3.	METHODEN	5
3.1.	Markierung von Erythrozyten mit ^{51}Chrom	5
3.1.1.	Grundlagen	5
3.1.2.	Markierung von Erythrozyten	6
3.2.	Markierung von Albumin mit ^{99m}Technetium	7
3.2.1.	Grundlagen	7
3.2.2.	Markierung von Albumin	8
3.3.	Zählung der Aktivität im Ganzkörperzähler	10
3.3.1.	Der Ganzkörperzähler: Aufbau und Prinzip	10
3.3.2.	Zählung der Aktivitäten	15
3.4.	Bestimmung des venösen Hämatokrits	18
3.5.	Statistik	20
4.	ERGEBNISSE	21
4.1.	Ganzkörperwerte	21
4.2.	Blutvolumen, Plasmavolumen und Erythrozytenmasse der Organe bezogen auf die Organgewichte	21
4.3.	Organblutvolumina in Prozent des totalen Blutvolumens	26
4.4.	Organhämatokrite	27
5.	DISKUSSION	29
5.1.	Methoden	29
5.1.1.	Präpariertechnik	29
5.1.2.	Verteilung der Indikatoren	30
5.1.3.	Messung der Radioaktivität	31
5.2.	Diskussion der Ergebnisse	32
5.2.1.	Gesamtkörperwerte	32
5.2.2.	Organblutvolumina	34
5.2.3.	Organhämatokrite	39
6.	ZUSAMMENFASSUNG	43
7.	TABELLEN	45
8.	LITERATURVERZEICHNIS	62

MEINEN ELTERN

1. EINLEITUNG

Untersuchungen der regionalen Verteilung von Blutvolumen und Hämatokrit wurden bei ausgewachsenen Ratten (Everett et al. 1956, Reich et al. 1967, Mejia 1968, Aarseth 1970, Sebestik und Brabec 1974,, Aarseth et al. 1976, Biewald und Billmeier 1978), Kaninchen (Ulfendahl 1962, Aarseth et al. 1978), Katzen (Pappenheimer et al. 1956; Ulfendahl 1962, Jodal und Lundgren 1970) und Hunden (Gibson et al. 1946, Deavers et al. 1957) durchgeführt. Wenig ist über das Blutvolumen der Organe neugeborener Tiere bekannt.
Smith und Mitarbeiter (1972) bestimmten das nach Entblutung in den Organen neugeborener Welpen verbleibende Blutvolumen. Andere Autoren haben das Blutvolumen der Lunge neugeborener Kaninchen und Lämmer untersucht (Orzalesi et al. 1956, Adams et al. 1971, Walker et al. 1975). Die Verteilung des gesamten Blutvolumens auf die verschiedenen Organe neugeborener Tiere ist bislang nicht untersucht worden. In der vorliegenden Arbeit wurden die Erythrozytenmasse, das Plasmavolumen, das Blutvolumen und der Hämatokrit der Organe neugeborener Ferkel bestimmt.

2. TIERE UND VERSUCHSDURCHFÜHRUNG

2.1. Tiere

Es wurden 19 Ferkel von vier gesunden Mutterschweinen untersucht. Das Gestationsalter der Tiere war bekannt und betrug 114 bis 116 Tage. Die Geburt verlief in jedem Fall komplikationslos. Die Ferkel waren gesund. Alle Ferkel wurden von ihren Muttertieren gesäugt. Eisen wurde nicht verabreicht. Für unsere Untersuchungen wurden drei Gruppen von jeweils 1 Tag (n=7), 7 Tage (n=6) und 14 Tage (n=6) alten Tieren gebildet.

2.2. Versuchsdurchführung

Bei allen Ferkeln wurde eine Venae sectio der rechten Vena jugularis externa durchgeführt und ein Polyäthylen-Katheter in den rechten Vorhof vorgeschoben: Nach Rasur des Operationsfeldes und subkutaner Injektion von Scandicain 1% wurde am medialen Rand des Musculus sterno-cleidomastoideus ein ungefähr 4 cm langer Hautschnitt gelegt und das Platysma durchtrennt. Unter weiterer lokaler Scandicaingabe wurde schonend die Vena jugularis externa aufgesucht, stumpf präpariert und nach cranial unterbunden. Nach Freilegung des Gefäßes wurde mit einer Gefäßschere die Vene angeschnitten, der Polyäthylen-katheter eingeführt und vorsichtig in den rechten Vorhof geschoben. Der Katheter wurde festgenäht und zusätzlich mit einem Gewebekleber (Histacryl ^{R}) verklebt.

Die Wunde wurde dann schichtweise mit subkutanen und kutanen Einzelknopfnähten verschlossen. Der äußere Anteil des Katheters wurde auf dem Rücken der Tiere mit Heftpflaster fixiert.

Anschließend wurde den Tieren 2 ml Blut aus dem Katheter für die Markierung entnommen. Das abgenommene Blut wurde durch 2 ml sterile physiologische NaCl-Lösung ersetzt. Bis zur Reinjektion wurden die Tiere unter eine Infrarot-Lampe gelegt. Das entnommene Blut wurde dann 5 Minuten lang bei 2000 U/min zentrifugiert und für die Markierung mit ^{51}Chrom nach dem unten beschriebenen Verfahren verwendet. Zwei Stunden nach der Blutentnahme erhielten die Tiere die ^{51}Chrom-markierten Erythrozyten und genau 5 Minuten später ^{99m}Technetium-markiertes Albumin.

Vor und nach der Injetktion wurde die in der Spritze enthaltene Aktivität im Ganzkörperzähler gemessen und so die tatsächlich injizierte Aktivität bestimmt. 5 Minuten nach Injektion des markierten Albumins wurden den Tieren über den Jugularis-Katheter Blutproben mit einer 1-ml-Spritze abgenommen, wobei das Volumen bis auf 0,01 ml genau abgelesen wurde.

Frühere Verteilungsstudien bei 10 Ferkeln haben gezeigt, daß die Vermischung der Erythrozyten und des Albumins innerhalb dieses Zeitraumes vollständig war. Der Albuminschwund in den Intravakulärraum ist in dieser Zeit geringfügig (Roth et al. 1976).

Sofort nach der Blutentnahme wurden die Tiere durch Gabe von 2 mmol Kaliumchlorid über den Jugularis-Katheter getötet. Bei der sich anschließenden Autopsie wurden die großen Gefäße am Eingang zu den Organen unterbunden und durchtrennt. Alle Organe wurden mit einem Elektrocauter präpariert. Haut, Muskeln und Skelett wurden im einzelnen getrennt. Dann wurden alle Organe gewogen und die Aktivität größerer Organe wie Lunge, Leber, Muskulatur etc. sofort im Ganzkörperzähler gemessen. Dagegen wurden die Aktivitäten der Blutproben, sowie der Milz, des Thymus, der Schilddrüse und des Urins wegen des geringen Gewichtes und der damit verbundenen verminderten Strahlenemission in einem Bohrloch-Scintillationszähler der Firma Berthold-Frisecke (Probenwechsler Typ BF 5000) gemessen (Berg 1976). Mit Hilfe eines Kalibrierungsstandards konnten die gemessenen Aktivitäten der Proben in % der applizierten Aktivität angegeben werden.

Die Radioaktivität des Blutes in den großen Gefäßen und die geringe Menge an Blutverlust aus den Organen wurde ebenfalls bestimmt und als "residuales Blutvolumen" bezeichnet.

3. METHODEN

3.1. Markierung von Erythrozyten mit ^{51}Chrom

3.1.1. Grundlagen

Die Methode dient zur Bestimmung der zirkulierenden Erythrozytenmasse (RCM). Das ^{51}Chromat-Ion durchdringt die Zellwand der roten Blutkörperchen. In der Zelle wird das sechswertige Chrom zu dreiwertigem reduziert und überwiegend an die β-Ketten des Globulins gebunden (Pearson et al. 1963). Das Globin des fetalen und des ausgewachsenen Schweines besteht in Übereinstimmung mit dem Globin des menschlichen adulten Hämoglobins aus α und β-Ketten (Tautz und Kleihauer 1972). Im Gegensatz zum menschlichen fetalen Hämoglobin, das keine β-Ketten enthält (Betke et al. 1954), ergeben sich also beim neugeborenen Ferkel keine Probleme bei der ^{51}Chrom-Markierung. Das bei der Zerstörung der Erythrozyten freiwerdende Chrom kann in der dreiwertigen Form nicht erneut Erythrozyten markieren und wird über die Nieren ausgeschieden.

Nach Inkubation werden ^{51}Chrom-markierte Erythrozyten definierter Aktivität intravenös injiziert. Nach homogener Durchmischung der ^{51}Chrom-markierten Erythrozyten mit den zirkulierenden Erythrozyten werden Blutproben entnommen und deren Aktivität bestimmt. Aus dem Verhältnis der injizierten Aktivität zur gemessenen Aktivität kann das zirkulierende Blutvolumen nach dem Verdünnungsprinzip berechnet werden.

3.1.2. Versuchsdurchführung mit ^{51}Chrom

3.1.2.1. Reagenzien:

a. Physiologische Kochsalzlösung, steril
b. ^{51}Chrom-Lösung in Form von Natriumchromat, steril, (Buchler Braunschweig) mit einer spezifischen Aktivität von stets mehr als 20 mCi ^{51}Chrom pro mg Chrom
c. Thrombophob^{R}ad inj. Fl. 5 ml
d. 50 mg Ascorbinsäure (Cebion ^{R})

3.1.2.2. Markierung

Jedem Tier wurden aus dem Katheter 2 ml Blut mit einer sterilen Heparin-benetzten Spritze entnommen und in ein steriles Reagenzglas gegeben. Nach Zugabe von ca. 80 µCi ^{51}Chrom wird das Blut bei Zimmertemperatur 45 Minuten inkubiert, wobei alle 5 Minuten vorsichtig gemischt wird. Durch Hinzugabe von 50 mg Ascorbinsäure wird nunmehr das nichtgebundene Chrom reduziert. Das markierte Blut wird dann bei 2000 Upm zentrifugiert und der Überstand verworfen. Durch dreimaliges Waschen der Erythrozyten mit je 10 ml steriler physiologischer Kochsalzlösung wird das nichtgebundene ^{51}Chrom entfernt. Die Erythrozytensuspension wird mit steriler physiologischer NaCl-Lösung auf 2 ml Volumen aufgefüllt.

Die Injektionsspritze wird in den Ganzkörperzähler gebracht und die Aktivität vor Injektion bei vorgegebenem geometrischem Abstand von den Detektoren gemessen.

3.2. Markierung von Albumin mit ^{99m}Technetium

3.2.1. Grundlagen

Serumalbumin erscheint im Blut natürlicherweise als größter Proteinanteil. ^{99m}Technetium-markiertes Albumin ist geeignet zur Messung des Plasmavolumens. Früher wurden diese Untersuchungen mit radioaktivem ^{131}Jod-Humanserumalbumin durchgeführt, das aber wegen seiner langen Halbwertszeit weitgehend von ^{99m}Technetium abgelöst wurde. ^{99m}Technetium-markiertes Serumalbumin wird vor allem bei Herz-Kreislaufstudien, Blutvolumenbestimmungen und zur Untersuchung des Placenta-Kreislaufs verwendet.

3.2.2. Versuchsdurchführung mit ^{99m}Technetium

3.2.2.1. Material und Reagenzien

a. Eine sterile Reaktionsflasche, die 1 ml 0,85 n HCl und 1 µmol FeCl enthält.
b. Eine sterile Zirconium-Elektrodenanordnung.
c. Eine sterile Einmalspritze mit 2 ml Carbonat-Pufferlösung.
d. Eine Spritze mit Drahtkolben zum Aufziehen von Lösungen.
e. Sterile angereicherte Na-^{99m}Technetium-Lösung.
f. Humanalbumin
g. NEN Elektrolysegerät, eine Stromquelle, die 100±5mA bei einem Widerstand von 35±4 Ohm liefert.
h. Sterile 0,22 µm Filter (Millipore) und ein Halter für den abschließenden Filtervorgang vor i.v. Verabreichung.

3.2.2.2. Markierung

Die Markierung des Humanalbumins mit ^{99m}Technetium erfolgte nach dem Verfahren von Dworkin und Gutkowski (1971). 1 ml angereicherte Na-^{99m}Technetium-Lösung (entspricht ungefähr 400 µCi) und ebensoviel Volumen Luft wurden in die mit Blei abgeschirmte Reaktionsflasche unter Beachtung aseptischer Versuchsbedingungen injiziert. Dann wurden 0,5 ml salzarmes 20%-Humanalbumin in die Reaktionsflasche gegeben, die daraufhin leicht hin und her gedreht wurde. Nach Durchstechen des Flaschenverschlusses mit den Zirkoniumelektroden wurden die Elektroden an das Elektrolysegerät angeschlossen und der Strom eingeschaltet, wobei die Stromstärke auf 100±5mA eingestellt wurde. Die mit Blei abgeschirmte Reaktionsflasche wurde während des Elektrolysevorganges umgedreht, sodaß die Elektroden mit der Lösung in Kontakt standen. Unter kräftigem Schütteln blieb 40 Sekunden lang die Stromquelle eingeschaltet. Hierbei entsteht CO_2. Nach Beendigung des Elektrolysevorganges wartete man noch 15 Sekunden und entfernte dann die Elektroden. 30 Minuten später wurde die sterile Pufferlösung unter leichter Drehbewegung in die Reaktionsflasche injiziert, wobei der Drahtkolben festgehalten und die Spritze nicht zurückgezogen wurde. Nach Entfernung der Spritze mit dem Draht entwich für einige Sekunden CO_2 durch den jetzt offenen Kolben. Anschließend wurde der Kolben herausgezogen. Die Reaktionslösung wurde durch einen sterilen Milliporefilter mit einem mittleren Porendurchmesser von 0,22 µm gefiltert, um flöckchenartige Teilchen zu entfernen.

Die Bindung des ^{99m}Technetium an das Albumin wurde durch Ausfällung des Albumins mit Trichloressigsäure und anschließende Filtration durch 0,22 µm-Millipore-Filter untersucht (Lamson et al. 1974).

Proben, die mehr als 1 % ungebundenes ^{99m}Technetium enthielten, wurden verworfen.

3.3. Zählung der Aktivität im Ganzkörperzähler

3.3.1. Der Ganzkörperzähler: Aufbau und Prinzip

Wie der Name Ganzkörperzähler bereits aussagt, handelt es sich bei dieser Meßapparatur um eine Zählanordnung, die in der Lage ist, den Radioaktivitätsgehalt von großen Proben zu ermitteln, z. B. den natürlichen Gehalt von Radionukliden in Mensch oder Tier. Neben der Ganzkörpermessung hat man noch die Möglichkeit, gewisse Körperregionen durch Abdecken dieser Stellen aus der Ganzkörpermessung auszublenden, wie z. B. die Schilddrüse oder die Blase. Abbildung 1 und 2 zeigen den Aufbau des verwendeten Ganzkörperzählers in Neuherberg, Abtlg. Nuklearbiologie.

Die wichtigsten Bauelemente eines Ganzkörperzählers sind Strahlendetektor, Abschirmung und Registriereinrichtung für die aus den Strahlendetektoren gelieferten Informationen. Als Detektoren im Ganzkörperzähler werden 4 Scintillationsdetektoren verwendet, die aus NaJ(Tl)-Kristallen von 10,5 cm Durchmesser und 8,4 cm Breite und jeweils einem Photomultiplier bestehen. Scintillatoren erlauben neben der Ermittlung der Aktivität die Bestimmung der Energie von Gammaquanten. Die vom Detektor gelieferte Impulshöhe hängt von der Energie ab. Es ist daher möglich, Impulse verschiedener Höhe zu sortieren und zu sammeln.

Die Absorptionsprozesse der auf den Scintillator fallenden Gammaquanten sei kurz beschrieben. Bei der Wechselwirkung eines Gammaquants mit den Atomen eines Scintil-

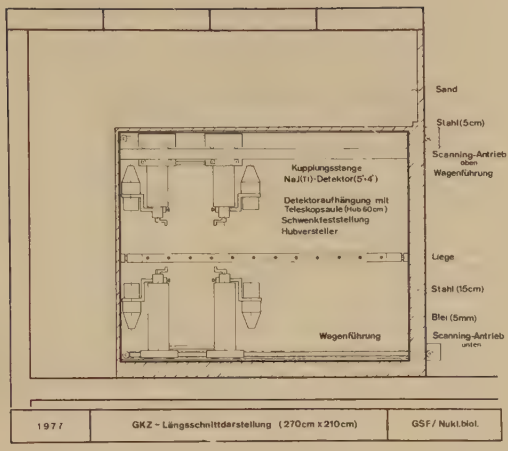


Abb. 1

Längsschnitt des Ganzkörperzählers mit 2,70 m Länge, 2,10 m Breite und 2,10 m Höhe.

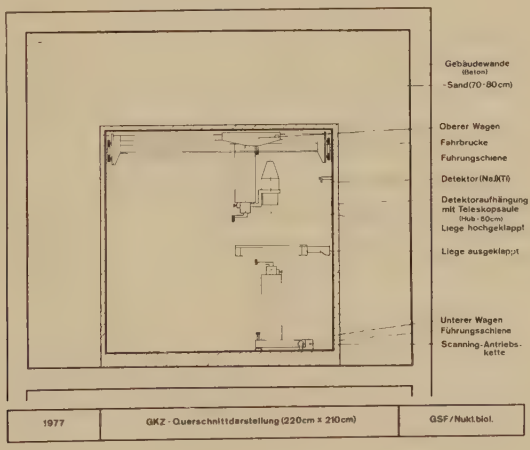


Abb. 2

Querschnitt des Ganzkörperzählers mit 3,20 m Länge, 2,10 m Breite und 2,10 m Höhe.

lators gibt es die Möglichkeiten des Photo- und Comptoneffektes. NaJ-Kristalle, mit Thallium aktiviert, absorbieren vorwiegend über den Photoeffekt, flüssige Scintillationssubstanzen über den Comptoneffekt, da sie sich aus Elementen niedrigerer Ordnungszahl zusammensetzen. Die registrierte Impulsrate in Abhängigkeit von der Strahlungsenergie bzw. von der Impulshöhe wird Spektrum genannt. Radioisotope wie ^{99m}Technetium und ^{51}Chrom senden bei ihrem Zerfall monoenergetische γ-Quanten aus, die aber von der Meßanordnung nicht als ideale Linie, sondern als eine Art Gauß'scher Glockenkurve aufgelöst werden. Für das energetische Auflösungsvermögen spielt die Peakbreite (ΔE) eine entscheidende Rolle; denn je breiter der Peak, desto schlechter ist das Auflösungsvermögen. Als Maß für die Peakbreite gilt die Fläche des Peaks ($2\Delta E$) bei halb maximaler Impulsrate.

Das energetische Auflösungsvermögen (Peakbreite/gesamte Energie = $\frac{\Delta E}{E}$) für die 662 eV der ^{137}Cs-Linie liegt bei NaJ-Kristalldetektoren um 10 %, bei den Flüssigkeitsscintillationszählern um 60 %. Der besseren energetischen Auflösung von NaJ-(Tl)-Kristalldetektoren mit relativ schlechter Meßgeometrie bei großen Proben steht das ungünstigere Energieauflösungsvermögen mit guter Meßgeometrie von Flüssigkeits- oder Plastikscintillationszählern gegenüber. Da in unserer Versuchsanordnung zwei Isotope gleichzeitig zur Anwendung kamen und gemessen werden mußten, waren wir auf die gute energetische Auflösung von NaJ-Detektoren angewiesen.

Die den Detektoren nachgeschaltete Elektronik besteht aus dem Vorverstärker, Mixer, Hauptverstärker analog zu einem Digital-Wandler und einem Vielkanalanalysator, der die vom Detektor kommenden Impulse nach ihrer Energie ordnet und aufsummiert. Das Ergebnis wird auf den Speicherplätzen des Vielkanalanalysators, den sogenannten Kanälen abgelegt. Die Kanalnummern entsprechen den verschiedenen Gammaenergien und der Inhalt der Kanäle verhält sich proportional zur Impulsrate einer bestimmten Gammaenergie. Während und nach Beendigung der Messung sind die Inhalte der Kanäle in Relation zu den Kanalnummern mit Hilfe eines Oszillographen auf einem Schirm sichtbar (Y-Achse = Impulsrate/Kanal - X-Achse = Energie).

Die Ausgabe der Daten kann auf folgende Weise geschehen:
1. Digitale Ausgabe der Werte über einen Fernschreiber (Teletype) mit Lochstreifenstanzer und Cassettenmagnetband.
2. Analoge Ausgabe über einen xy-Schreiber.
Wegen der sofortigen Berechnungsmöglichkeit mit einem Elektronenrechner ist von uns die Ausgabe über den Fernschreiber gewählt worden. Neben dem Gesamtspektrum wurden spezielle Bereiche des Spektrums bereits als Integral ("Peakflächen") ausgegeben.

Um den Nulleffekt im Zählraum weitgehend zu reduzieren, muß eine Abschirmung des Ganzkörperzählers gegen kosmische und terrestische Strahlung vorhanden sein. Sie besteht im Ganzkörperzähler von Neuherberg (Abteilung Nuklearbiologie) aus einer Stahlkammer von 5 cm Dicke nach allen Seiten mit Ausnahme der Frontseite und des Bodens. Dort wurden Bleiplatten von 15 cm Dicke einge-

setzt. Die Belegung des inneren Teiles der Kammer mit gealtertem Blei setzt den Nulleffekt noch weiter herab. Die dem Zählraum zugeführte Luft wird über Absolutfilter abgeführt, um radioaktive Aerosole (z.B. aus der Uran-Radium-Reihe) nicht in den Innenraum gelangen zu lassen. Die untere Nachweisgrenze hängt im wesentlichen von der Größe des Nulleffektes, von der Größe der Detektoren und vom Radioisotop selbst ab. Für Gammastrahlen mit 100% Gammaemmissionswahrscheinlichkeit können noch etwa 0,1 - 1 nCi nachgewiesen werden.

Bei quantitativer Messung ist die Meßanordnung von großer Bedeutung. In unserem Fall wurde ein Detektor über, ein weiterer unter der Organprobe angeordnet. Die beiden restlichen Detektoren wurden seitlich in einander gegenüberstehender Position gewählt. Der Abstand der Detektoren blieb während der ganzen Versuchsdauer konstant.

3.3.2. Zählung der Aktivität

Die Energiespektren von ^{51}Chrom und ^{99m}Technetium wurden in Vorversuchen ermittelt.

Der im Energiespektrum von ^{51}Chrom (Abb. 3) sichtbare "Peak" liegt bei 0,323 MeV mit einer Emissionswahrscheinlichkeit von 9 %. Die "Peak-Fläche" ist proportional der gemessenen Impulsrate. Diese durchdringende γ-Strahlung ermöglicht die Aktivitätsbestimmung von Proben, ohne daß eine Aufbereitung der Proben notwendig ist.

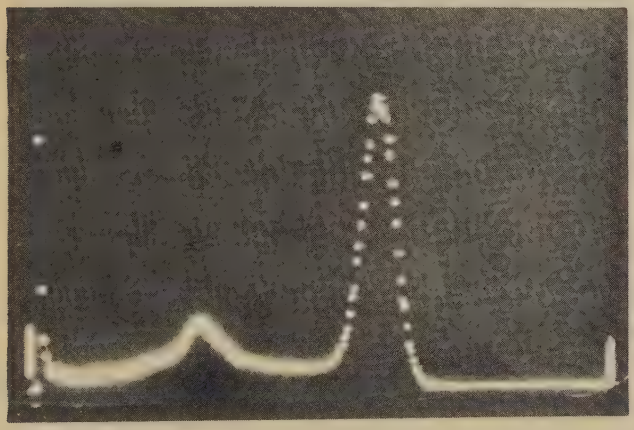


Abb. 3
^{51}Chrom-Spektrum, gemessen im Ganzkörperzähler

Das metastabile ^{99m}Technetium entsteht als radioaktive Tochter aus dem Zerfall von $_{42}Mo^{99}$. Die durch isomeren Übergang entstehende Gammastrahlung von 0,18 MeV (Abb. 4), mit einer Emissionswahrscheinlichkeit von 99 %, wurde bei unseren Messungen verwendet. Diese γ-Linie konnte mit ausreichender Genauigkeit von der ^{51}Chrom-

γ-Linie mit dem von uns verwendeten Meßinstrument getrennt werden. Kleinere "Peaks" des einen Isotops liegen jedoch jeweils im Bereich des maximalen "Peak" des anderen Isotops.

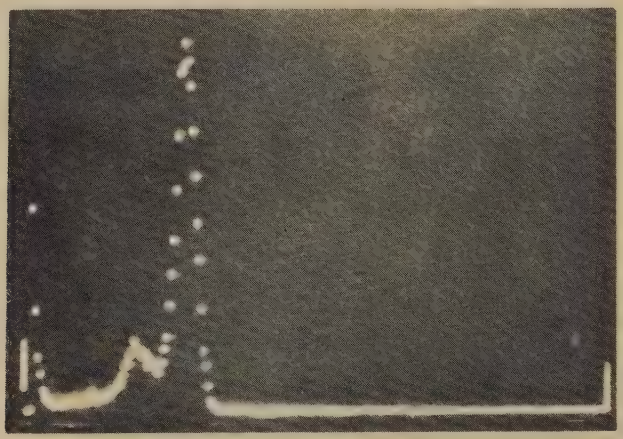


Abb. 4
^{99m}Technetium-Spektrum, gemessen im Ganzkörperzähler

Das γ-Spektrum einer Probe, die ^{51}Chrom und ^{99m}Technetium enthält, ist in Abb. 5 gezeigt. Die Korrektur der Störung des einen Isotops kann durch zwei Methoden erfolgen:

1. Untergrundkorrektur mit "Spill-over-factor".
Hierzu werden die Zerfallsimpulse der Probe, die nur ^{51}Chrom-Nukleid enthält, im ^{51}Chrom-Kanal und im ^{99m}Technetium-Kanal gemessen. Der Quotient der Aktivitäten, gemessen im Fenster des ^{99m}Technetium-Kanals und im ^{51}Chrom-Kanal, ergibt den Korrekturfaktor. Mit diesem Faktor

werden die im ^{51}Chrom-Kanal gezählten Aktivitäten der gemischten Proben multipliziert. Diese berechnete ^{51}Chrom-Aktivität erscheint im ^{99m}Technetium-Kanal und muß daher von der ^{99m}Technetium-Aktivität abgezogen werden.

2. Unterschiedliche Halbwertszeiten von ^{99m}Technetium und ^{51}Chrom. Das metastabile ^{99m}Technetium besitzt eine sehr kurze physikalische Halbwertszeit von 6 Stunden, ^{51}Chrom dagegen eine relativ lange Halbwertszeit von 28 Tagen. Wird die ^{51}Chrom-Aktivität nach 6 Tagen gemessen, so erscheint keinerlei ^{99m}Technetium mehr, da das kurzlebige ^{99m}Technetium bereits in der Probe zerfallen ist.

Die Korrektur der ^{99m}Technetium-Aktivität erfolgte nach der "Spill-over-Methode", die Korrektur der ^{51}Chrom-Aktivität durch Zählung nach 6 Tagen.

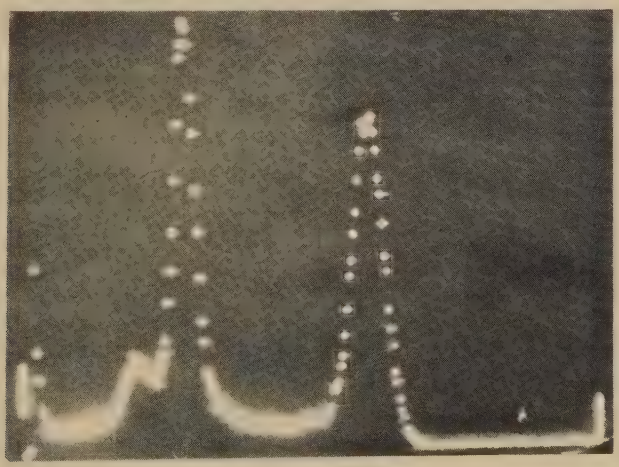


Abb. 5
^{51}Chrom- und ^{99m}Technetium-Spektrum, gemessen im Ganzkörperzähler.

3.4. Bestimmung des venösen Hämatokrits

Der venöse Hämatokrit wurde nach der Mikromethode bestimmt. Die heparinisierten Glaskapillaren wurden in der Mikrozentrifuge (Beckman -Instruments) zentrifugiert und auf einem "Mikrohämatokritreader" abgelesen. Zur Korrektur des "trapped plasma" wurde der venöse Hämatokrit mit dem Faktor 0,98 multipliziert (Linderkamp 1974).

3.5. Berechnungen

Nach Abzug der Hintergrundsaktivität wurde die Radioaktivität von 1 ml Erythrozyten bzw. 1 ml Plasma nach folgenden Formeln berechnet:

$$^{51}\text{Cr cts/min/ml Ery} = \frac{^{51}\text{Cr cts/min/ml Blut}}{\text{Hkt}} \times \text{Z K}$$

$$^{99m}\text{Tc cts/min/ml Plasma} = \frac{(^{99m}\text{Tc cts} - \text{R } ^{51}\text{Cr cts})/\text{min/ml Blut}}{(1-\text{Hkt})/100} \times \text{Z K}$$

ZK = Zerfallskorrektur von ^{51}Chrom

R = Anteil der ^{51}Chrom-Impulse (cts), die im ^{99m}Technetium-Kanal erscheinen.

Berechnung der gesamten Erythrozytenmasse (RCM) und des gesamten Plasmavolumens (PV):

$$\text{RCM} = \frac{\text{injizierte } ^{51}\text{Chrom cts/min}}{^{51}\text{Chrom cts/min/ml Ery}}$$

$$\text{PV} = \frac{\text{injizierte } ^{99m}\text{Technetium cts/min}}{^{99m}\text{Technetium cts/min/ml Plasma}}$$

Die Aktivitäten der Organe wurden in % der injizierten Aktivitäten berechnet:

$$^{51}Cr \text{ cts in } \% = \frac{\text{Organ-}^{51}Cr \text{ cts/min}}{\text{injizierte } ^{51}Cr \text{ cts/min}}$$

$$^{99m}Tc \text{ cts in } \% = \frac{\text{Organ-}^{99m}Tc \text{ cts/min} \quad R}{\text{injizierte } ^{99m}Tc \text{ cts}}$$

Die Volumina der einzelnen Organe errechnen sich nach:

$$\text{Organ-RCM} = \frac{\text{Organ-RCM (\%)}}{100} \times \text{gesamte RCM}$$

$$\text{Organ-PV} = \frac{\text{Organ-PV (\%)}}{100} \times \text{gesamtes PV}$$

$$\text{Organ-BV} = \text{Organ-RCM} + \text{Organ-PV}$$

Berechnung der Hämatokrite (Hkt):

$$\text{Ganzkörper-Hkt} = \frac{\text{gesamte RCM}}{\text{gesamtes BV}}$$

$$\text{Organ-Hkt} = \frac{\text{Organ-RCM}}{\text{Organ-BV}}$$

Der Quotient aus dem Körper- bzw. Organhämatokrit und dem venösen Hämatokrit wird als "f-cell" bezeichnet:

$$\text{Ganzkörper-f-cell} = \frac{\text{Ganzkörper-Hkt}}{\text{venöser Hkt}}$$

$$\text{Organ-f-cell} = \frac{\text{Organ-Hkt}}{\text{venöser Hkt}}$$

3.6. Statistik

Die statistischen Analysen wurden mit Hilfe des Statistischen Lehrbuches von Sachs (1974) durchgeführt.

Berechnet wurden die Mittelwerte und Standardabweichungen der Ergebnisse der untersuchten Parameter bei den drei Altersgruppen.

Die Prüfung auf Signifikanz der Unterschiede der Mittelwerte bei den einzelnen Altersgruppen erfolgte durch Varianzanalyse.

4. Ergebnisse

Die Einzelergebnisse der untersuchten Ferkel sind in Tabelle 3 - 6 zusammengestellt.

4.1. Ganzkörperwerte (Tabelle 1 und 2)

Der venöse Hämatokrit fiel von 35,6 ± 3,0 bei den einen Tag alten Tieren (Gruppe I) auf 30,3 ± 4,9 bei den 7 Tage alten Tieren (Gruppe II) und weiter auf 23,3 ± 4,1 bei den 14 Tage alten Ferkeln (Gruppe III). Der Quotient aus dem Ganzkörper- und dem venösen Hämatokrit lag unabhängig vom Alter um 0,84.

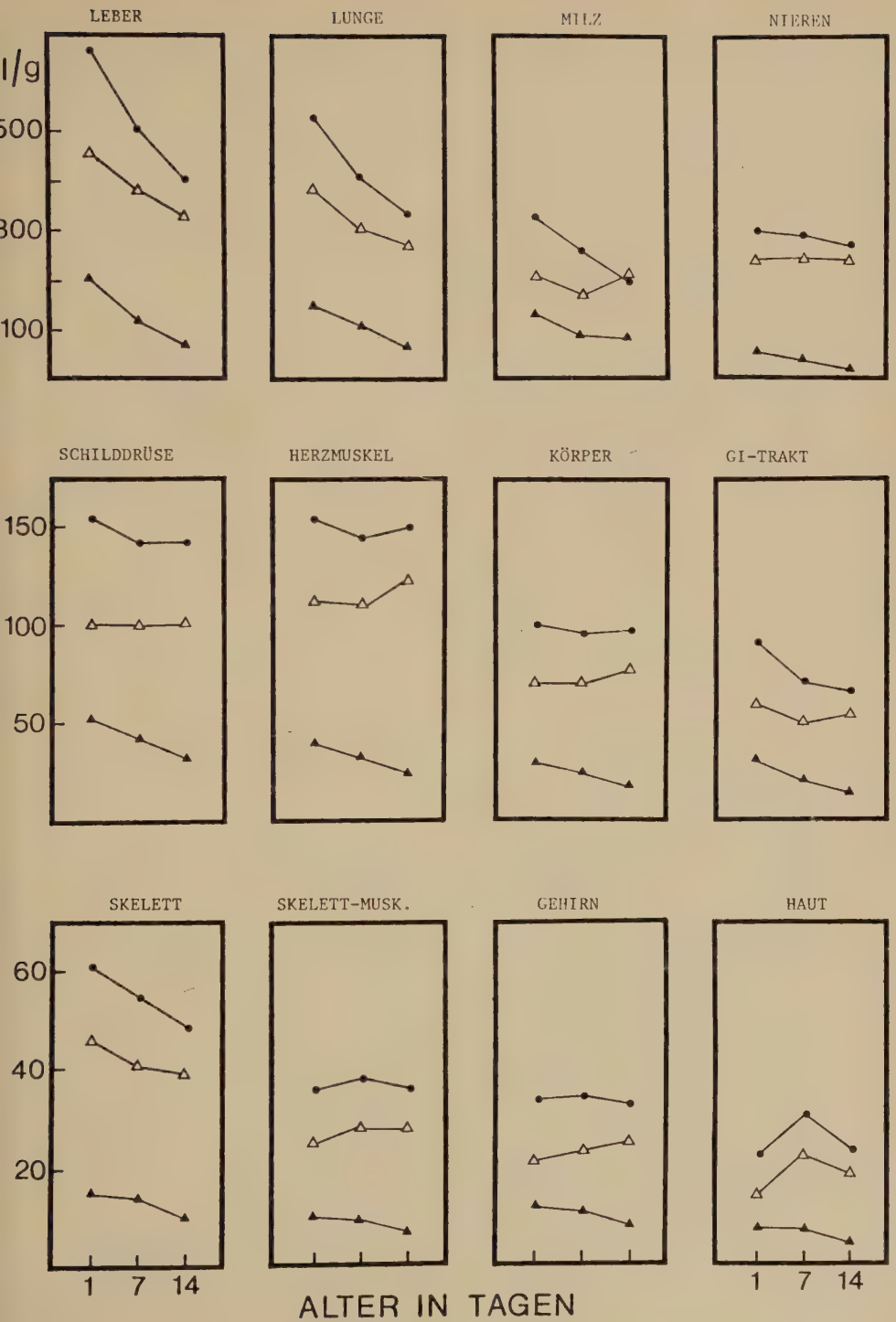
Das totale Blutvolumen ging während der ersten Woche nur geringfügig (nicht signifikant) von 100,2 ± 3,9 auf 95,6 ± 2,8 µl/g zurück und blieb in der zweiten Woche unverändert. Dagegen nahm die Erythrozytenmasse parallel zum venösen Hämatokrit mit dem Alter ab, das Plasmavolumen zu.

4.2. Blutvolumen, Plasmavolumen und Erythrozytenmasse der Organe bezogen auf die Organgewichte (Tabelle 1)

Die in den Organen enthaltenen Blutvolumina unterschieden sich beträchtlich (Abb. 6). In Relation zum Organgewicht enthielt die Leber das größte Blutvolumen: 670,0 ± 89,1 µl/g am ersten Tag. Es folgten die Lunge mit 533,8 ± 80,7 µl/g, die Milz und die Nieren mit etwa 300 µl/g, die Schilddrüse und der Herzmuskel mit etwa 150 µl/g, der Gastrointestinal-Trakt mit 91,5 ± 27,2 µl/g, das Skelett

mit 61,1 ± 10,2 µl/g, die Skelettmuskulatur und das Gehirn mit etwa 35 µl/g Blutvolumen 24 Stunden nach der Geburt der Tiere. Am geringsten war der Blutgehalt der Haut mit 21,9 ± 5,0 µl/g zu diesem Zeitpunkt.

Abb. 6. Altersabhängiger Verlauf der Mittelwerte von Blutvolumen (Punkte), Plasmavolumen (offene Dreiecke) und Erythrozytenmasse (geschlossene Dreiecke) der Organe von Ferkeln.


LEBER
LUNGE
MILZ
NIEREN
l/g
500
300
100
SCHILDDRÜSE
HERZMUSKEL
KÖRPER
GI-TRAKT
150
100
50
SKELETT
SKELETT-MUSK.
GEHIRN
HAUT
60
40
20
1 7 14
1 7 14
ALTER IN TAGEN

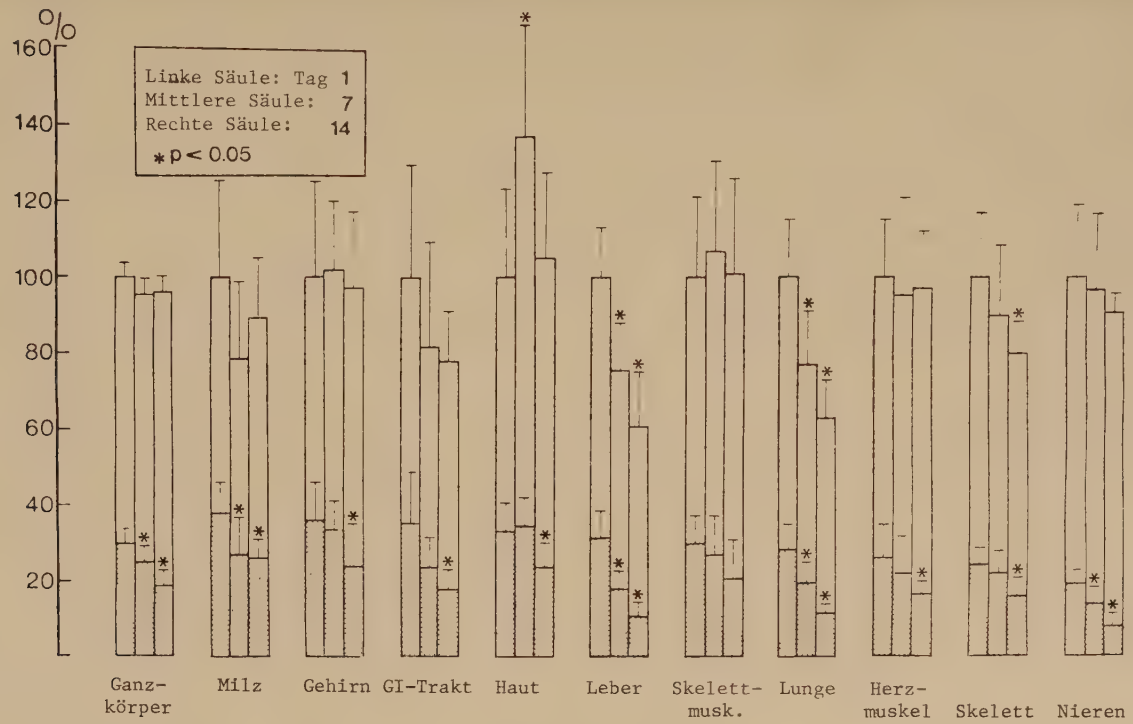


Abb. 7. Blutvolumen und Eryhtrozytenmasse der Organe in % der Werte der 24 Stunden alten Ferkel.
* $p < 0{,}05$ verglichen mit den Werten der 24 Stunden alten Ferkel.

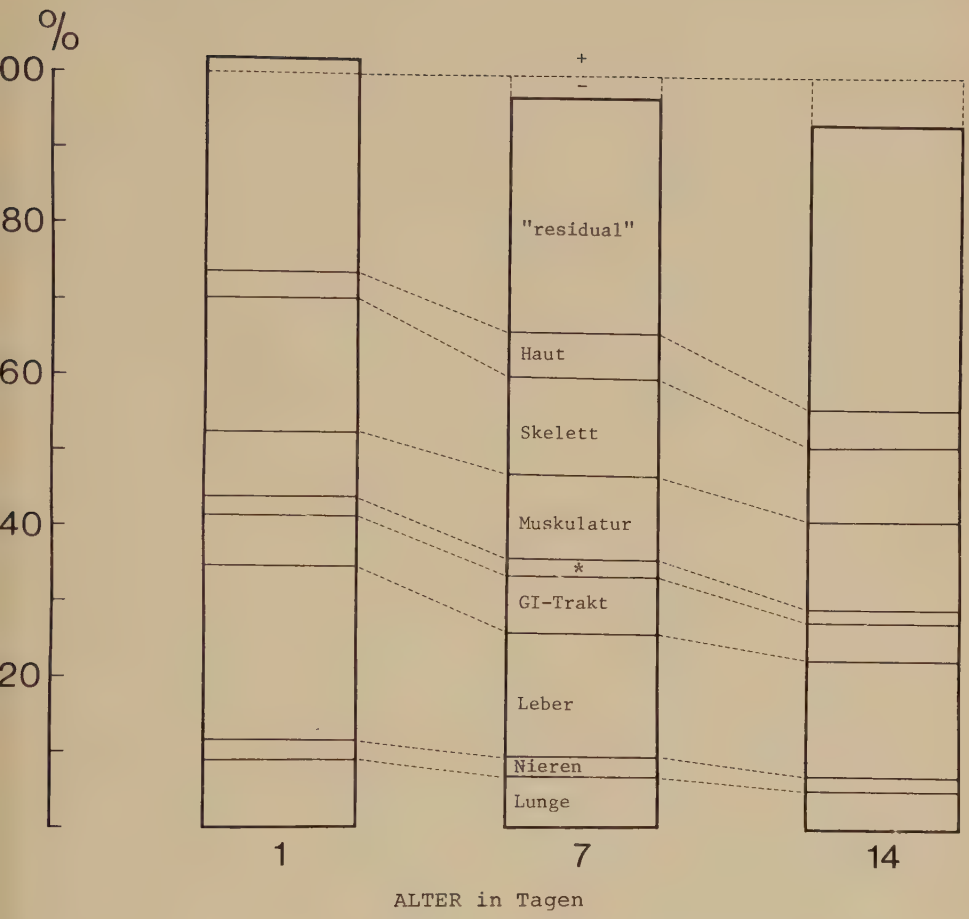


Abb. 8. Verteilung des Blutvolumens (in % des totalen Blutvolumens) auf die Organe und die großen Gefäße ("residuales Blutvolumen"). Das durch Addition sämtlicher Teilvolumina berechnete gesamte Blutvolumen lag bei den einen Tag alten Tieren um 3,4% über (+), bei den 7 Tage alten Tieren um 3,4% und den 14 Tage alten Tieren um 5,6% unter (-) dem tatsächlichen Blutvolumen.
* Blutvolumen von Milz, Herzmuskel, Gehirn und Schilddrüse.

In den meisten Organen nahm das Blutvolumen pro g Organgewicht mit dem Alter ab. Signifikant war die Abnahme des Blutvolumens im Skelett vom 1. zum 14. Tag ($P < 0,05$) und in der Lunge und Leber vom 1. zum 7. Tag ($P < 0,01$). In Lunge und Leber ging das relative Blutvolumen in der zweiten Lebenswoche weiter zurück. In der Haut stieg das relative Blutvolumen während der ersten sieben Tage an ($P < 0,05$) und erreichte in der zweiten Woche wieder den Wert der einen Tag alten Tiere. Die Erythrozytenmasse nahm in allen Organen mit dem Alter ab. (Abb. 7).

4.3. Organblutvolumina in Prozent des totalen Blutvolumens

Die Organblutvolumina sind in Abbildung 8 in Prozent des totalen Blutvolumens dargestellt. Der größte Anteil fand sich in der Leber. Das Gehirn enthielt nur 0,74 % des totalen Blutvolumens am ersten Tag. Auffällig ist die prozentuale Abnahme der Organblutvolumina mit dem Alter. Das "residuale" Blutvolumen umfaßt hauptsächlich den Blutgehalt der großen Gefäße außerhalb der Organe. Im Mittel betrug dieser Blutvolumenanteil 29,5 $\pm$ 5,5 % bei den einen Tag alten Tieren, 31,2 $\pm$ 5,7 % bei den 7 Tage alten Ferkeln und 38,2 $\pm$ 7,5 % des totalen Blutvolumens bei den 14 Tage alten Tieren. Das gesamte in den Organen enthaltene Blutvolumen nahm entsprechend ab. Die Summe aller Organblutvolumina addiert zum "residualen" Blutvolumen betrug 103,4 $\pm$ 4,7 % am ersten Tag, 96,6 $\pm$ 8,9 % am 7. Tag und 94,4 $\pm$ 6,7 % am 14. Tag. Das heißt, die Summe aller einzelnen Blutvolumina lag am ersten Tag um 3 % über dem tatsächlichen totalen Blutvolumen, am 7. Tag dagegen um

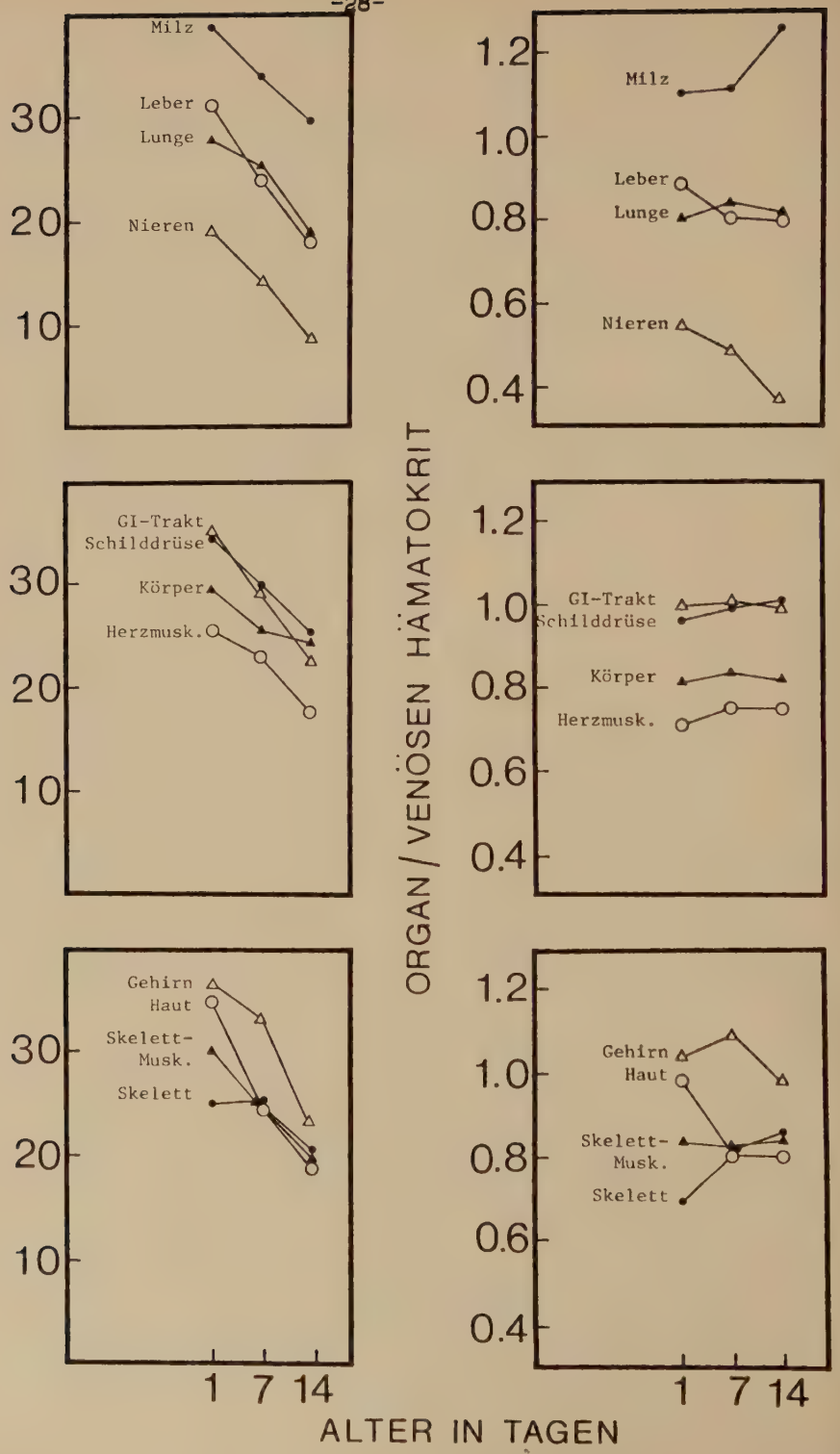
3,4 % und am 14. Tag um 5,6 % darunter.

4.4. Organhämatokrite (Tabelle 2)

Die Organhämatokrite zeigten bemerkenswerte Unterschiede (Abb. 9). Der Milzhämatokrit war höher als der venöse Hämatokrit. Im Gehirn, im Gastrointestinal-Trakt, in der Schilddrüse und im Thymus verhielten sich die Organhämatokrite ähnlich den venösen Werten. Die Hämatokrite in den anderen Organen sowie der Ganzkörperhämatokrit waren niedriger als der venöse Hämatokrit. Der Hauthämatokrit entsprach am ersten Tag annähernd dem venösen Körperhämatokrit. Die niedrigsten Hämatokrite wurden in den Nieren gefunden.

Die Unterschiede zwischen den Organhämatokriten und dem venösen Hämatokrit spiegeln sich am besten im Verhältnis der beiden Hämatokrite (TH/VH) wider (Abb. 9). Über 1,0 lag TH/VH in der Milz, nahe bei 1,0 im Gehirn, Gastrointestinal-Trakt, Schilddrüse und Thymus. TH/VH von Lunge, Leber und Skelettmuskulatur betrug etwa 0,8, vom Herzmuskel etwa 0,7. Eine signifikante Zunahme von TH/VH wurde in der Milz während der ersten beiden Wochen ($P < 0,05$) und im Skelett während der ersten Woche ($P < 0,05$) beobachtet. In den Nieren nahm TH/VH signifikant ($P < 0,01$) von $0,544 \pm 0,079$ am ersten Tag auf $0,370 \pm 0,098$ am 14. Tag ab. In der Haut betrug TH/VH einen Tag nach der Geburt $0,977 \pm 0,098$ und war am 7. Tag ($0,822 \pm 0,069$) und 14. Tag ($0,808 \pm 0,064$) signifikant ($P < 0,01$) niedriger.

Abb. 9. Altersabhängiger Verlauf der Mittelwerte der Organhämatokrite % (links) und der Quotienten Organ-/venöser Hämatokrit (rechts) von Ferkeln.


Milz
Leber
Lunge
Nieren
30
20
10
1.2
1.0
0.8
0.6
0.4
GI-Trakt
Schilddrüse
Körper
Herzmusk.
Gehirn
Haut
Skelett-
Musk.
Skelett
1 7 14
ORGAN / VENÖSEN HÄMATOKRIT
ALTER IN TAGEN

5. DISKUSSION

5.1. Methoden

Die wesentlichen Fehlerquellen der angewandten Untersuchungstechniken liegen in

1. der Präpariertechnik
2. der Verteilung der Radionuklid
3. der Messung der Radioaktivität

5.1.1. Präpariertechnik

Die intracardiale Injektion von Kaliumchlorid führt schlagartig zum Herzstillstand. Der Blutfluß in den Gefäßen sistiert wenig später, wenn sich die elastischen Gefäße entdehnt haben und Druckgleichheit in sämtlichen Gefäßen besteht. Wahrscheinlich kommt es in dieser Phase zu einer gewissen Umverteilung des Blutes.

Die Unterbindung der großen Gefäße an ihren Ein- bzw. Austrittsstellen an den Organen und die weitere Präparation der Organe mit einem Elektrocauter kann Blutverluste der Organe durch kleine Gefäße nicht völlig verhindern. Dieser Fehler wird durch Gefrieren der Tiere in flüssigem Stickstoff verhindert (Everett et al. 1956). Allerdings dauert es bei 250 g schweren Ratten etwa 2,5 Minuten, bis die tiefste Region der Bauchhöhle gefriert (Everett et al. 1956). Die Gefrierzeit der sechs bis zwanzigfach schwereren Ferkel wäre zweifellos wesentlich länger. Da sich gefrorenes Blut ausdehnt, würde sich bei der Gefriertechnik Blut von den äußeren Körperregionen nach

innen verschieben. Wahrscheinlich würde dies zu größeren Fehlern führen als die in den eigenen Untersuchungen angewendete Technik.

5.1.2. Verteilung der Indikatoren

Indikatoren zur Bestimmung des Plasmavolumens und der Erythrozytenmasse benötigen eine gewisse Zeit, um sich gleichmäßig im gesamten Intravasalraum zu verteilen. Plasmaindikatoren, d. h. markierte Proteine, verlassen darüber hinaus mehr oder weniger schnell den Intravasalraum.

Mangelhafte Mischung der Indikatoren in ihrem Verteilungsmedium führt in der Regel zu hohen Indikatorkonzentrationen in den großen Gefäßen (Lawson 1962, Linderkamp et al. 1977a). In den kleinen Gefäßen einiger Organe wird die Konzentration entsprechend zu niedrig liegen. Die Konzentration markierter Erythrozyten im venösen Blut von Ferkel ändert sich 10 Minuten nach der Injektion nicht mehr wesentlich. Konzentrationsmessungen markierten Albumins im venösen Blut ergeben vollständige Durchmischung bei Ferkeln innerhalb von 5 Minuten (Roth 1976, Linderkamp et al. 1979). Hieraus kann aber nicht sicher auf eine gleichmäßige Mischung der Indikatoren in sämtlichen Gefäßgebieten geschlossen werden. So kann die Äquilibration markierter Erythrozyten in der Haut neugeborener Kinder erheblich verzögert sein (Linderkamp et al. 1977c). Markiertes Albumin verläßt den Intravasalraum neuge-

borener Ferkel in 1 Stunde zu etwa 30 % (Roth 1976). Innerhalb von 5 Minuten beträgt der Albuminverlust etwa 3 %. Dieser Verlust ist zwar gering, kann aber, wenn er vorwiegend in einem Organ auftritt, zu erheblicher Überschätzung des Plasmavolumens führen. Der Fehler durch Albuminelimination läßt sich bei Messung des totalen Körperplasmavolumens durch mehrere Blutentnahmen und Extrapolation der Indikatorkonzentration zum Zeitpunkt der Injektion vermeiden (Lawson 1972, Linderkamp et al. 1977 a,b). Dieses Vorgehen ist bei der Untersuchung von Organplasmavolumina nicht möglich. Serienuntersuchungen von Tieren, die zu unterschiedlicher Zeit nach Injektion der Indikatoren getötet wurden, wurden bei Ratten durchgeführt (Mejia 1968). Sie ergaben eine verzögerte Mischung markierter Erythrozyten in der Haut und beschleunigte Albuminelimination in der Milz und Haut. Abgesehen von der Fragwürdigkeit der Extrapolation von Indikatorkonzentrationen, die bei verschiedenen Tieren gemessen werden, war dieses Vorgehen wegen des großen Aufwandes bei der Untersuchung der Ferkel nicht möglich.

5.1.3. Messung der Radioaktivität

Die Messung der Radioaktivität in dem verwendeten Ganzkörperzähler ist mit einem Fehler von bis zu ±2 % behaftet (Berg 1976). Dieser Fehler entspricht dem von Gamma-Flüssigkeits-Scintillationszählern. Die Wiederfindungsrate der Radionukluide in sämtlichen Organen von 103 %, 96,6 % und 94,4 % am ersten, siebten und 14. Tag zeigt die Zuverlässigkeit der Zähl- und Präparier-

technik.

5.2. Diskussion der Ergebnisse

5.2.1. Gesamtkörperwerte

Der mittlere venöse Hämatokrit der untersuchten Ferkel nahm von 0,356 mit 24 Stunden auf 0,303 mit sieben Tagen und weiter auf 0,233 im Alter von 14 Tagen ab. Diese Werte entsprechen den Ergebnissen anderer Autoren, die Ferkel untersuchten, denen kein Eisen zugeführt wurde (Walser und Schwarz 1969, Talbot und Swenson 1970, und Roth 1976).

Nach Eisentherapie werden im Alter von 1,7 und 14 Tagen Hämatokrite um 0,35 gefunden (Ramirez et al. 1963, Talbot und Swenson 1970, Pownall und Dalton 1973, Roth 1976, Setiabudi et al. 1976). D. h., die Anämie des Ferkels läßt sich im Gegensatz zur Trimenonreduktion des menschlichen Säuglings (Betke 1958, 1959, Riegel et al. 1969, Linderkamp et al. 1974) durch Eisengaben verhindern. Eine während der ersten Lebenswochen auftretende Anämie läßt sich bei verschiedenen Tierarten beobachten, z. B. bei Kaninchen (Riegel und Ruhrmann 1964) und Ziegen (Riegel et al. 1961).

Der durchschnittliche Körperhämatokrit der untersuchten Ferkel lag in allen drei Altersgruppen um etwa 10 % niedriger als der venöse Hämatokrit. Der Quotient aus dem Körper- und Venenhämatokrit betrug im Mittel 0,84. Talbot und Swenson (1970) ermittelten bei Ferkeln während der ersten 6 Lebenswochen Quotienten von 0,73.

Setiabudi et al. (1976) fanden Körper-/Venenhämatokrite von 0,88. Aus den Angaben von Bush et al. (1955) läßt sich für ausgewachsene Schweine ein Quotient aus Körper- und Venenhämatokrit von 0,96 berechnen. Anämische Tiere zeigen einen etwas geringeren Quotienten (Bush et al. 1955, Talbot und Swenson 1970).

Das Blutvolumen der untersuchten Ferkel ging geringfügig von etwa 100 ml pro kg KG im Alter von 24 Stunden auf 96 ml/kg mit 7 und 14 Tagen zurück. Die Erythrozytenmasse nahm in dieser Zeit parallel zum Hämatokrit ab. Das Plasmavolumen nahm entsprechend leicht zu. Zu ähnlichen Ergebnissen kommen andere Autoren, die Ferkel während der ersten beiden Lebenswochen ohne Eisentherapie untersuchten (Talbot und Swenson 1970, Roth 1976). Die Erythrozytenmasse eisenbehandelter Tiere ändert sich wie der Hämatokrit kaum während der ersten beiden Lebenswochen (Ramirez et al. 1963, Talbot und Swenson 1970, Pownall und Dalton 1973, Roth 1976, Setiabudi et al. 1976). Das Blutvolumen eisenbehandelter Tiere liegt mit zwei Wochen um etwa 5 ml/kg höher als bei unbehandelten Tieren (Talbot und Swenson 1970, Roth 1976).

Während des ersten Lebenstages nimmt das Plasmavolumen um etwa 20 % zu (McCance und Widdowson 1959, Ramirez et al. 1963, Talbot und Swenson 1970, Pownall und Dalton 1973, Roth 1976). Dieser vaskuläre Flüssigkeitseinstrom entsteht durch Resorption intakter Proteine aus dem Kolostrum. Die jüngsten Tiere der eigenen Untersuchungen

waren 24 Stunden alt, sodaß diese Hämodilution bereits erfolgt war.

5.2.2. Organblutvolumina

Die eigenen Untersuchungen haben erhebliche Unterschiede des Blutvolumens pro Gramm Organgewicht zwischen den einzelnen Organen ergeben. Ein Vergleich mit Tieren vergleichbaren Alters anderer Spezies ist nicht möglich, da entsprechende Untersuchungen bei jungen Tieren bislang nicht durchgeführt wurden.

Lediglich das LUNGENblutvolumen wurde bei neugeborenen Tieren bestimmt. Es beträgt bei Kaninchen und Lämmern unmittelbar nach der Geburt etwa 400 µl/g Lungengewebe (Orzalesi et al. 1965, Adams et al. 1971) und nimmt mit Beginn der Atmung um etwa 40 % zu (Walker et al. 1975). Der Anteil des Lungenblutvolumens am gesamten Blutvolumen nimmt 5 Minuten nach Einsetzen der Atmung von 4,7 auf 7,4 % bei Lämmern zu (Walker et al. 1975). Die 24 Stunden alten Ferkel zeigten einen Anteil des pulmonalen Blutvolumens von 9 %. Es erscheint denkbar, daß das Lungenblutvolumen während des ersten Lebenstages mit sinkendem pulmonalem Wiederstand weiter zunimmt, da zwischen dem Lungenfluß und Lungenblutvolumen eine enge positive Beziehung besteht (Walker et al. 1975). Das relative pulmonale Blutvolumen der Ferkel nahm während der ersten beiden Lebenswochen um etwa 35 % ab. Der Wert von 336 µl/g mit zwei Wochen entspricht den Ergebnissen ausgewachsener Tiere (Everett et al. 1956, Mejia 1968, Sebestik und Brabec 1974). Die Abnahme des pulmonalen Blutvolumens

während der ersten Lebenswochen bedeutet, daß die pulmonale Kreislaufzeit (Quotient aus Blutvolumen und Blutfluß) erheblich abnimmt, denn das Herzzeitvolumen steigt in dieser Zeit an (Gruskin et al. 1970).

Die LEBER der Ferkel wies den höchsten Blutgehalt auf. Zugleich nahm das Blutvolumen in diesem Organ am stärksten - nämlich um 40 % - mit dem Alter ab. Dennoch war der Blutgehalt von 408 µl/g Lebergewebe am 14. Lebenstag noch höher als bei ausgewachsenen Ratten, deren Leberblutvolumen mit 100 - 260 µl/g angegeben wird (Everett et al. 1956, Reich 1967, Majia 1968, Aarseth 1970, Sebestik und Brabec 1974, Aarseth et al. 1976, Biewald und Billmeier 1978). Die Abnahme des Leberblutvolumens könnte mit dem Rückgang der Erythropoese in diesem Organ bei Ferkeln (Furugouri 1974) zusammenhängen.

Verminderte Erythropoese im Knochenmark als Folge des Eisenmangels (Furugouri 1974) mag ebenfalls für die Abnahme des Blutgehalts der KNOCHEN bei den Ferkeln verantwortlich sein. Das Skelett ausgewachsener Ratten enthält etwa 35 µl/g Blut (Everett et al. 1956), also noch weniger als bei den 14 Tage alten Ferkel (48,7 $\pm$ 4,7 µl/g).

Eine Verminderung des relativen Blutgehalts wurde außerdem im GASTROINTESTINALTRAKT der Ferkel während der ersten beiden Lebenswochen beobachtet. Der Blutgehalt von 71,4 $\pm$ 12,2 µl/g am 14. Lebenstag liegt - wie bei den anderen Organen mit abnehmenden Blutgehalt - wesentlich höher als bei ausgewachsenen Tieren, die ein gastrointestinales Blutvolumen von 35 bis 50 µl/g be-

sitzen (Everett et al. 1956, Jodal und Lundgren 1970). Der Abnahme des Blutgehalts bei den Ferkeln entspricht eine Verminderung des gastrointestinalen Blutflusses während der ersten beiden Lebenswochen (Touloukian et al. 1971). Der Intestinaltrakt nimmt am ersten postnatalen Tag durch Erhöhung des Proteingehalts um 50 % an Gewicht zu (Widdowson et al. 1976). Offensichtlich befindet sich der Gastrointestinaltrakt postnatal in einem hohen Aktivitätszustand, der später wieder zurückgeht.

Der Blutgehalt der MILZ lag bei den Ferkeln unabhängig vom Alter um 300 µl/g. Bei ausgewachsenen Ratten wurden Werte von 125 bis 570 µl/g gefunden (Everett et al. 1956, Reich et al. 1967, Mejia 1968, Sebestik und Brabec 1974, Aarseth et al. 1976, Biewald und Billmeier 1978).

In den NIEREN und im HERZMUSKEL der Ferkel änderte sich der Blutgehalt ebenfalls nicht mit dem Alter. Das renale Blutvolumen der Ferkel von etwa 300 µl/g war größer als das von ausgewachsenen Tieren. Der Blutgehalt des Herzmuskels betrug bei den Ferkel ebenso wie bei ausgewachsenen Tieren etwa 150 µl/g (Everett et al. 1956, Reich 1967, Mejia 1968, Sebestik und Brabec 1974). Im Gegensatz zum Blutgehalt nimmt die Durchblutung der Nieren (Gruskin et al. 1970) und des Herzmuskels (Yuan et al. 1966) bei Ferkeln während der ersten Lebenswochen erheblich zu. Die mittlere Blutflußgeschwindigkeit nimmt also in diesen Organen zu, die Kreislaufzeit ab.

Das GEHIRN der Ferkel war mit einem Blutgehalt von etwa 35 µl/g das blutärmste innere Organ. Dies stimmt mit an Ratten erhobenen Befunden überein (Everett et al. 1956,

Biewald und Billmeier 1978). Dem geringen cerebralen Blutvolumenanteil von unter 1 % am gesamten Blutvolumen steht ein hoher Anteil des cerebralen Blutflußes von über 20 % am Herzzeitvolumen - jedenfalls bei jungen Affen (Behrmann et al. 1971) - gegenüber.

Der Blutgehalt der SKELETTMUSKULATUR der Ferkel betrug ebenfalls etwa 35 µl/g. Bei ausgewachsenen Ratten ist er mit etwa 25 µl/g geringer.

Das Blutvolumen der HAUT lag bei den Ferkeln wie bei ausgewachsenen Ratten (Everett et al. 1956, Mejia 1968, Aarseth 1970) um 20 µl/g. Bemerkenswert ist die Zunahme des Blutgehalts der Haut von 22 µl/g am ersten Tag auf 30 µl/g am 7. Tag. Als Ursache ist die Vasokonstriktion in der Haut kurz nach der Geburt zu diskutieren (Linderkamp et al. 1977c), die sich im Verlauf der ersten Lebenstage löst. Die Abnahme des kutanen Blutvolumens in der zweiten Woche auf 23 µl/g dürfte durch Einlagerung von Fettgewebe entstanden sein, das sehr blutarm ist (Yen et al. 1970).

Der in den zwölf Organen der Ferkel gemessene Anteil am gesamten Blutvolumen nahm von 74 % am ersten Tag auf 66 % am siebten Tag und auf 56 % am 14. Tag ab. Der in den großen Gefäßen enthaltene Blutvolumenanteil nahm entsprechend zu. Die Organe von ausgebluteten Welpen enthalten 36 % des totalen Blutvolumens am 1. Tag, 24 % am 7. Tag und 23 % am 46. Tag (Smith et al. 1972). Das Entblutungsvolumen der Welpen beträgt an diesen Tagen 28 %, 45 % und 60 % vom gesamten Blutvolumen. Der relative Blutgehalt der Organe nimmt also bei ausgebluteten Welpen

wie bei den Ferkeln während der ersten Lebenswochen ab, Entblutungsvolumen bzw. der Blutgehalt der großen Gefäße zu. Es erscheint denkbar, daß die Zunahme des Blutgehalts der großen Gefäße zu vermehrter Mobilisierbarkeit des Blutes führt, die sich im Anstieg des Entblutungsvolumens äußert. Dies würde verminderte Mobilisierbarkeit von Blut kurz nach der Geburt bedeuten. Hierdurch ließe sich die geringe Fähigkeit Neugeborener, Blutverluste zu tolerieren, erklären (Rowe und Arcilla 1968). Die Zunahme des Blutgehalts der großen Gefäße könnte den venösen Rückfluß zum Herzen und damit das Herzzeitvolumen (Gruskin et al. 1970) vermehren. Anzumerken ist, daß das Blutvolumen der großen Gefäße außerhalb der großen Organe nur einen Teil des gesamten Blutgehalts der großen Gefäße umfaßt, welches bei ausgewachsenen Hunden etwa 80 % des totalen Blutvolumens beträgt (Gibson et al. 1947, Lawson 1962).

5.2.3. Organhämatokrite

Die Organhämatokrite der meisten Organe lagen wesentlich niedriger als der venöse Hämatokrit. Dies äußerte sich in einem Quotienten des venösen und der Organhämtokrite (TH/VH) von weniger als 1,0. Der Quotient von Körper-/Venenhämatokrit von etwa 0,84 entsteht also durch verminderte Organhämatokrite.

Entblutete Welpen zeigen ähnliche TH/VH-Quotienten der einzelnen Organe wie die Ferkel (Smith et al. 1972). Lediglich im Gastrointestinaltrakt liegt TH/VH bei entbluteten Welpen merklich niedriger als bei den Ferkeln. Da die größten Differenzen zwischen dem venösen Hämatokrit und dem Organhämatokrit in den kleinen Gefäßen vermutet werden (Gibson et al. 1947, Lawson 1962, Smith et al. 1972), waren bei den Ferkeln höhere TH/VH zu erwarten als bei den entbluteten Welpen. Die ähnlichen Ergebnisse bedeuten entweder, daß die Entblutung die kleinen wie die großen Gefäße betrifft, oder daß sich die Hämatokrite der kleinen und großen Gefäße innerhalb der Organe entsprechen. Ebenso wie bei den Ferkeln werden bei ausgewachsenen Ratten, Katzen und Hunden in den meisten Organen Hämatokrite gefunden, die niedriger liegen als der venöse Hämatokrit (Gibson et al. 1946, Everett et al. 1956, Pappenheimer und Kinter 1956, Deavers et al. 1957, Lawson 1962, Reich et al. 1967, Mejia 1968, Aarseth 1970, Jodal und Lundgren 1970, Sebestik und Brabec 1974, Aarseth et al. 1976, 1978). Lediglich in der Milz liegt der Hämatokrit nach allen Untersuchungen höher als der venöse. Wie bei den Ferkeln

wird der niedrigste Hämatokrit in den Nieren gefunden, mit einem TH/VH von 0,28 bis 0,61.

Die Verminderung der Organhämatokrite resultiert in niedrigeren Ganzkörperhämatokriten verglichen mit den venösen Hämatokriten. Der hohe Milzhämatokrit vermag die geringen Hämatokrite der anderen Organe nicht auszugleichen, da sie nur einen geringen Anteil des gesamten Blutvolumens enthält - bei den Ferkeln unter 1 %. Bei ausgeprägter Vergrößerung der Milz, die zu etwa einem Drittel aus Blut besteht, nehmen das Blutvolumen (Linderkamp et al. 1978) und der Quotient Körper-/Venenhämatokrit (Linderkamp et al. 1977a) beträchtlich zu.

Bemerkenswert ist der relativ hohe TH/VH der Haut der Ferkel am ersten Tag, der in den folgenden Tagen mehr als der venöse Hämatokrit abfiel. Möglicherweise trägt ein hoher Hauthämatokrit dazu bei, daß der im Fersenstich bestimmte Hämatokrit bei Neugeborenen in der Regel höher liegt als der venöse Hämatokrit (Linderkamp et al. 1977c).

Die Ursache der im Vergleich mit dem venösen Hämatokrit verminderten Organhämatokrit ist unklar. Besondere Beachtung hat der extrem niedrige renale Hämatokrit gefunden. Als Ursache sind zu diskutieren:

1. Verzögerte Mischung markierter Erythrozyten. Dies würde in den betroffenen Gefäßgebieten zu verminderter Aktivität des Indikators, dadurch zu fälschlicher Unterschätzung der Erythrozytenmasse des Organs und somit zu fälschlicher Unterschätzung des Organhämato-

krits (TH = EM/BV) führen. Dies ist z. B. für die Niere unwahrscheinlich, da die Äquilibration markierter Erythrozyten in der Niere von ausgewachsenen Kaninchen und Katzen nach 30 Sekunden vollständig ist (Ulfendahl 1962).

2. Rasche transkapilläre Elimination des markierten Albumins innerhalb der gewählten Mischungszeit, d. h. in den eigenen Untersuchungen innerhalb von 5 Minuten. Dies kann zwar nicht für jedes einzelne Organ ausgeschlossen werden, ist aber unwahrscheinlich für sämtliche Organe, da die Albuminelimination innerhalb von 5 Minuten gering ist (Roth 1976, Linderkamp et al. 1977a,b).

3. Unterschiedliche Durchflußzeiten von Erythrozyten und Plasma (Pappenheimer und Kinter 1956). Wenn Erythrozyten rascher durch die kleinen Gefäße fließen als Plasma, so verbleibt das Plasma länger innerhalb des Organs. D. h., im Organ besteht ein höheres Verhältnis Plasma/Erythrozyten als in den großen Gefäßen außerhalb des Organs. Tatsächlich fließen Erythrozyten in den Kapillaren schneller als Plasma (Schmidt-Schoenbein und Zweifach 1975, Starr und Frasher 1975). Daher könnte der geringe renale Hämatokrit bei den Ferkeln auf dem hohen renalen Blutfluß (Gruskin et al. 1975, Reddy et al. 1974) beruhen. Die Abnahme des TH/VH der Nieren mit dem Alter wäre demnach die Folge der überproportionalen Zunahme der renalen Durchblutung (Gruskin et al. 1970). Weiterhin tendieren die im Axialstrom fließenden Erythrozyten dazu, in Gefäßabzweigungen mit hoher Blutflußgeschwindigkeit einzuströmen. Gefäße mit geringer Stromgeschwindigkeit enthalten dann nur Plasma ("plasma

skimming") (Fung 1973). Tatsächlich enthalten die vasa recta des Nierenmarks, in denen das Blut langsam fließt (Kramer et al. 1960, Thurau et al. 1960a), Blut mit geringem Hämatokrit (Thurau et al. 1960b). Unterschiedliche Flußgeschwindigkeiten von Erythrozyten und Plasma sowie "plasma skimming" werden nur in Kapillaren beobachtet. In den Nieren enthalten die Kapillaren etwa die Hälfte des renalen Blutes (Ulfendahl 1962). Dieser Anteil ist beträchtlich höher als der durchschnittliche Kapillar-Anteil im gesamten Körper, der weniger als 1 % beträgt (Lawson 1962). Der hohe Kapillaranteil, die besondere Gefäßarchitektur und die intravaskuläre Druckverteilung in den Nieren könnten für den niedrigen renalen Hämatokrit verantwortlich sein. So ist die Blutflußgeschwindigkeit im Gehirn größer als in den Nieren (Thurau et al. 1960a, Larsen und Lassen 1964). Dennoch war der cerebrale Hämatokrit der Ferkel doppelt so hoch wie der renale.

6. ZUSAMMENFASSUNG

Untersucht wurden das Plasmavolumen (^{99m}Technetium-Albumin) und die Erythrozytenmasse (^{51}Chrom-Erythrozyten) der Organe von Ferkeln im Alter von 24 Stunden (Gruppe I, n = 7), 7 Tagen (Gruppe II, n = 6) und 14 Tagen (Gruppe III, n = 6). Die Aktivitäten der Organe wurden in einem Ganzkörperzähler gemessen. Das Blutvolumen wurde als Summe des Plasmavolumens und der Erythrozytenmasse, der Hämatokrit des gesamten Körpers und der Organe als Quotient der entsprechenden Erythrozytenmasse und des Blutvolumens berechnet.

Der venöse Hämatokrit nahm mit dem Alter von 35,6 ± 3,0 (I) auf 30,3 ± 4,9 (II) und 23,3 ± 4,1 (III) ab. Der Quotient Ganzkörper-/venöser Hämatokrit lag unabhängig vom Alter der Tiere um 0,84, das totale Blutvolumen um 100 µl/g.

Der Blutgehalt der Organe betrug bei den einen Tag alten Tieren: Leber 670,0 ± 89,1 µl/g; Lunge 533,8 ± 80,7 µl/g; Milz 332,0 ± 82,8 µl/g; Nieren 300,6 ± 55,5 µl/g; Schilddrüse 155,1 ± 46,8 µl/g; Herzmuskel 154,1 ± 23,6 µl/g; Gastrointestinal-Trakt 91,5 ± 27,2 µl/g; Skelett 61,1 ± 10,2 µl/g; Skelettmuskulatur 35,5 ± 7,4 µl/g; Gehirn 33,3 ± 8,4 µl/g; Haut 21,9 ± 5,0 µl/g. Das relative Blutvolumen der Haut nahm während der ersten Woche zu ($P < 0,05$), in der zweiten Woche wieder ab. In Lunge und Leber ging das Blutvolumen in der ersten Woche ($P < 0,01$), im Skelett während der ersten beiden Wochen ($P < 0,05$) zurück.

Der Blutgehalt sämtlicher Organe betrug 24 Stunden nach der Geburt 73,9 %, am 7. Tag 65,4 % und am 14. Tag 56,2 % des totalen Blutvolumens. Das in den großen Gefäßen außerhalb der Organe enthaltene Blutvolumen stieg von 29,5 % (I) auf 31,2 % (II) und 38,2 % (III) an.

Die Quotienten aus den Organhämatokriten und den venösen Hämatokriten (TH/VH) betrug 24 Stunden nach der Geburt: Milz 1,096 ± 0,133 ; Gehirn 1,035 ± 0,187; Gastrointestinal-Trakt 0,994 ± 0,272; Haut 0,977 ± 0,098; Schilddrüse 0,970 ± 0,095; Leber 0,884 ± 0,145; Skelettmuskulatur 0,843 ± 0,147; Lunge 0,790 ± 0,158; Herzmuskel 0,719 ± 0,167; Skelett 0,699 ± 0,116; Nieren 0,544 ± 0,079. Eine signifikante Zunahme von TH/VH wurde in der Milz während der ersten beiden Wochen ($P < 0,05$) und im Skelett während der ersten Woche beobachtet. In den Nieren nahm TH/VH auf 0,370 ± 0,098 am 14. Tag ab ($P < 0,01$). In der Haut ging TH/VH in der ersten Woche auf 0,822 ± 0,069 zurück ($P < 0,01$).

Die Ergebnisse haben gezeigt, daß es beim Ferkel während der ersten beiden Wochen nach der Geburt zu Umverteilung des Blutvolumens kommt. Während das gesamte Blutvolumen in Relation zum Körpergewicht konstant bleibt, nimmt es in den meisten Organen ab. Die Verminderung des relativen Blutgehalts in Leber, Skelett und Gastrointestinal-Trakt könnte mit der hohen metabolischen Aktivität in diesen Organen kurz nach der Geburt zusammenhängen, die im Verlauf der ersten Wochen abnimmt. Der im Vergleich mit den älteren Tieren geringere Blut-

gehalt der großen Gefäße 24 Stunden post partum könnte die geringe Toleranz akuter Blutverluste und das niedrige Herzzeitvolumen Neugeborener erklären.

Der beim Menschen wie bei Tieren (ohne Speichermilz) unabhängig vom Alter allgemein weit unter dem venösen Hämatokrit liegende Körperhämatokrit resultiert nach den eigenen Ergebnissen auch beim Neugeborenen aus den verminderten Organhämatokriten. Erklären lassen sich die niedrigen Organhämatokrite durch raschere Strömung der Erythrozyten als von Plasma in den kleinen Gefäßen und durch "plasma skimming".

7. TABELLEN

7.1. Abkürzungen

I	Gruppe I: 24 Stunden alte Ferkel (n = 7)
II	Gruppe II: 7 Tage alte Ferkel (n = 6)
III	Gruppe III: 14 Tage alte Ferkel (n = 6)
BV	Blutvolumen
EM	Erythrozytenmasse
GI-Trakt	Gastrointestinal-Trakt
PV	Plasmavolumen
TH	Organhämatokrit ("tissue hematocrit")
VH	venöser Hämatokrit

7. Tabellen

Tabelle 1. Durchschnittswerte (x±SD) des Gewichtes (in g), der Erythrozytenmasse, des Plasmavolumens und des Blutvolumens (in µl/g) der Organe von Ferkeln im Alter von 1 Tag (I), 7 Tagen (II) und 14 Tagen (III).

	Gewicht			Erythrozytenmasse			Plasmavolumen			Blutvolumen		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Ganz-körper	1,526 ±235	2,031 ±259	4,956 ±987	29.6 ±3.9	24.6 ±4.4	18.7 ±3.7	70.6 ±3.1	71.0 ±4.2	77.2 ±4.3	100.2 ±3.9	95.6 ±2.8	95.9 ±4.0
Gehirn	33.8 ±1.6	36.5 ±1.6	44.3 ±2.1	12.1 ±3.3	11.2 ±2.5	7.9 ±3.8	21.2 ±5.8	22.9 ±5.4	24.6 ±3.3	33.3 ±8.4	34.1 ±6.0	32.5 ±6.5
Lunge	26.4 ±5.9	32.0 ±6.7	71.6 ±11.9	149.9 ±38.2	104.9 ±29.4	62.3 ±5.3	383.9 ±48.2	304.9 ±57.0	273.3 ±55.8	533.8 ±80.7	409.8 ±76.6	335.6 ±54.4
Herz	11.3 ±3.0	16.1 ±5.1	30.0 ±4.7	39.9 ±13.5	34.3 ±15.3	25.6 ±4.7	114.2 ±14.2	111.9 ±26.8	123.7 ±23.3	154.1 ±23.6	146.2 ±41.2	149.3 ±23.3
Niere	13.1 ±2.7	15.6 ±5.4	30.6 ±6.6	57.5 ±11.6	41.9 ±13.7	23.8 ±10.0	243.1 ±44.6	248.1 ±50.3	248.3 ±17.3	300.6 ±55.5	290.0 ±58.7	272.1 ±14.8
Milz	1.82 ±0.30	5.01 ±0.57	9.0 ±1.6	127.0 ±25.2	89.7 ±33.4	85.7 ±16.5	205.0 ±59.5	171.3 ±32.6	211.5 ±53.9	332.0 ±82.8	261.0 ±62.0	297.2 ±51.8
Leber	51.2 ±14.2	67.2 ±21.8	177.1 ±33.0	211.0 ±47.8	122.3 ±29.7	74.9 ±22.8	459.0 ±66.3	385.2 ±59.7	333.4 ±70.5	670.0 ±89.1	507.5 ±81.3	408.3 ±93.0

. Tabelle 1 (Fortsetzung)

	Gewicht			Erythrozytenmasse			Plasmavolumen			Blutvolumen		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
GI-Trakt	113.9	192.6	342.6	32.4	21.8	16.3	59.1	53.3	55.1	91.5	75.1	71.4
	±19.9	±10.0	±68.5	±12.1	±6.8	±4.6	±18.3	±19.2	±8.6	±27.2	±24.0	±12.2
Muskel	346.1	564.3	1,54311	10.6	9.7	7.4	24.9	28.2	28.5	35.5	37.9	35.9
	±94.4	±238.5	±389.5	±2.6	±3.8	±3.5	±5.7	±5.1	±7.2	±7.4	±8.4	±9.0
Skelett	435.6	491.1	990.3	15.0	13.7	9.9	46.1	41.2	38.8	61.1	54.9	48.7
	±71.0	±80.0	±178.2	±2.6	±3.3	±3.1	±8.7	±8.7	±3.9	±10.2	±10.9	±4.7
Haut	239.9	372.8	1,025.7	7.6	7.4	4.5	14.3	22.4	18.2	21.9	29.8	22.8
	±41.0	±51.1	±166.7	±1.7	±1.7	±1.3	±3.8	±5.2	±3.7	±5.0	±6.1	±4.9
Schild-drüse	0.37	0.57	1.33	53.1	42.8	36.3	102.0	100.2	105.7	155.1	143.0	142.0
	±0.16	±0.26	±0.68	±16.4	±10.2	±12.5	±32.5	±13.2	±16.3	±46.8	±16.5	±21.4
Thymus[1]	1.85	2.29	-	50.0	14.9	-	61.5	34.8	-	111.5	49.7	-
	3.73	0.85	-	18.5	14.2	-	34.7	54.6	-	53.2	68.8	-
	2.04	1.20	-	21.4	14.3	-	43.0	33.8	-	64.4	48.1	-

[1] einzelne Werte

Tabelle 2. Durchschnittswerte des Gewebehämatokrits und des Verhältnisses von Organ-/venöser Hämatokrit (TH/VH) der Organe von Ferkeln im Alter von 1 Tag (I), 7 Tagen (II) und 14 Tagen (III).

	Gewebe-Hämatokrit			TH/VH		
	I	II	III	I	II	III
Ganzkörper	29.5 ±3.2	25.7 ±4.4	19.4 ±3.7	0.827 ±0.044	0.848 ±0.047	0.835 ±0.056
Gehirn	36.5 ±5.2	33.3 ±6.8	23.2 ±7.2	1.035 ±0.187	1.098 ±0.147	0.982 ±0.154
Lunge	27.7 ±3.6	25.6 ±4.4	19.0 ±3.7	0.790 ±0.158	0.844 ±0.075	0.816 ±0.050
Herz	25.5 ±6.2	22.8 ±4.3	17.6 ±4.5	0.719 ±0.167	0.752 ±0.081	0.751 ±0.093
Niere	19.2 ±1.4	14.4 ±3.1	8.8 ±3.5	0.544 ±0.079	0.475 ±0.076	0.370 ± 0.098
Milz	38.8 ±3.5	33.8 ±5.6	29.7 ±8.5	1.096 ±0.133	1.117 ±0.089	1.258 ±0.169
Leber	31.2 ±5.3	24.0 ±4.1	18.1 ±1.4	0.884 ±0.145	0.792 ±0.078	0.798 ±0.151

Tabelle 2. (Fortsetzung)

	Gewebe-Hämatokrit			TH/VH		
	I	II	III	I	II	III
GI-Trakt	35.1	29.7	22.6	0.994	0.981	0.977
	±8.4	±6.2	±5.6	±0.272	±0.149	±0.106
Muskel	30.0	25.0	20.1	0.843	0.825	0.817
	±6.4	±4.7	±7.0	±0.147	±0.087	±0.148
Skelett	24.7	25.1	20.3	0.699	0.829	0.860
	±3.5	±4.3	±5.7	±0.699	±0.829	±0.091
Haut	34.8	24.9	18.8	0.977	0.822	0.803
	±5.0	±4.3	±3.4	±0.098	±0.069	±0.064
Schild-drüse	34.5	29.9	25.4	0.970	0.985	1.096
	±4.6	±5.9	±6.1	±0.095	±0.086	±0.209
Thymus[1]	43.3	30.0	-	1.167	0.937	-
	34.8	20.6	-	1.051	0.983	-
	33.2	29.7	-	0.999	1.025	-

[1] einzelne Werte

Tabelle 3. Einzelwerte (Ganzkörper)

		Gewicht (g)	EM (ml)	PV (ml)	BV (ml)	EM (µl/g)	PV (µl/g)	BV (µl/g)	VII	TII	TH/VII
24 Stunden	1	1518	40,6	108,6	149,2	26,8	71,5	98,3	35,5	27,3	0,772
	2	1534	37,8	109,0	146,8	24,6	71,1	95,7	32,6	25,8	0,790
	3	1792	50,0	120,6	170,6	27,9	67,3	95,2	36,6	29,3	0,801
	4	1426	48,0	100,7	148,7	33,6	70,7	104,3	37,1	32,2	0,868
	5	1153	41,5	77,0	118,5	35,9	66,9	102,8	41,2	34,9	0,847
	6	1841	54,6	130,9	185,5	29,8	71,0	100,8	33,1	29,6	0,893
	7	1418	39,1	104,2	143,3	28,5	76,1	104,6	33,3	27,3	0,819
7 Tage	1	1715	46,5	118,2	164,6	27,1	68,9	96,0	33,1	28,2	0,853
	2	2057	58,4	138,0	196,4	28,4	67,1	95,5	33,5	29,7	0,887
	3	1912	53,4	131,9	185,3	27,9	69,0	96,9	33,1	28,8	0,871
	4	2540	57,9	174,0	231,9	22,8	68,5	91,3	32,0	25,0	0,780
	5	2000	33,6	154,8	188,4	16,8	77,4	94,2	21,0	17,8	0,848
	6	2000	49,0	150,2	199,2	24,5	75,1	99,6	29,0	24,6	0,848
14 Tage	1	5721	113,3	474,8	588,1	19,8	83,0	102,8	25,0	19,2	0,769
	2	3792	73,2	288,2	361,4	19,3	76,0	95,3	22,8	20,2	0,886
	3	4117	98,0	305,9	403,9	23,8	74,3	98,1	29,5	24,2	0,821
	4	5573	111,4	399,6	511,0	20,0	71,7	91,7	24,0	21,8	0,910
	5	4356	55,8	354,1	409,9	12,8	81,3	94,1	17,4	13,6	0,781
	6	6176	101,3	475,5	576,8	16,4	77,0	93,4	20,9	17,5	0,839

Tabelle 4. Einzelwerte (Organe) der 24 Stunden alten Ferkel

		Gewicht (g)	EM (ml)	PV (ml)	BV (ml)	EM (µl/g)	PV (µl/g)	BV (µl/g)	EM	PV (%)	BV	VH	TH	TH/VH
Gehirn	1	33,71	0,49	0,67	1,16	14,6	20,0	34,6	1,21	0,62	0,78	33,3	42,3	1,198
	2	31,4	0,43	0,67	1,12	14,3	21,4	35,7	1,19	0,61	0,76	32,6	39,9	1,225
	3	35,27	0,59	1,13	1,72	16,8	32,1	48,9	1,18	0,94	1,01	36,6	34,3	0,937
	4	34,66	0,30	0,73	1,03	8,6	21,1	29,7	0,63	0,72	0,69	37,1	29,0	0,782
	5	33,72	0,27	0,45	0,72	7,9	13,3	21,2	0,65	0,58	0,61	41,2	37,5	0,910
	6	35,63	0,44	0,62	1,06	12,3	17,3	30,0	0,81	0,48	0,57	33,1	41,3	1,255
	7	31,93	0,33	0,73	1,06	10,3	22,7	33,0	0,84	0,7	0,79	33,3	31,3	0,939
Herz	1	9,51	0,57	1,34	1,91	59,9	141,0	200,9	1,4	1,24	1,28	35,3	20,8	0,845
	2	10,69	0,30	1,18	1,48	28,1	110,4	138,5	0,79	1,08	1,01	32,6	20,3	0,622
	3	14,14	0,74	1,34	2,08	52,3	94,8	147,1	1,48	1,12	1,22	36,6	35,6	0,972
	4	11,88	0,40	1,30	1,70	33,7	109,4	143,1	0,83	1,30	1,14	37,1	23,5	0,634
	5	7,24	0,27	0,86	1,13	37,3	118,8	156,1	0,65	1,12	0,95	41,2	23,9	0,600
	6	15,91	0,73	1,88	2,61	45,9	118,2	164,1	1,34	1,44	1,41	33,1	28,0	0,845
	7	9,53	0,21	1,02	1,23	22,0	107,0	129,0	0,54	0,98	0,83	33,3	17,1	0,513
Lunge	1	26,41	4,26	10,53	14,79	161,3	398,7	560,0	10,49	9,7	9,91	35,3	28,8	0,817
	2	26,98	5,51	10,58	16,09	204,2	392,1	596,4	14,58	9,71	10,96	32,6	34,2	1,050
	3	32,31	4,06	11,70	15,76	125,7	362,1	487,8	8,12	9,7	9,24	36,6	25,8	0,704
	4	28,96	3,71	11,78	15,49	128,1	406,8	534,9	7,73	11,7	10,42	37,1	25,9	0,645
	5	18,32	1,69	5,23	6,94	92,2	286,6	378,8	4,07	6,82	5,86	41,2	24,3	0,590
	6	32,9	6,11	14,33	20,46	185, 7	436,2	621,9	11,19	10,96	11,03	33,1	29,9	0,902
	7	18,63	2,83	7,54	10,37	151,9	404,7	556,6	7,24	7,24	7,24	33,3	27,3	0,820

Tabelle 4. (Fortsetzung) Einzelwerte (Organe) der 24 Stunden alten Ferkel

		Gewicht (g)	EM (ml)	PV (ml)	BV (ml)	EM (µl/g)	PV (µl/g)	BV (µl/g)	EM	PV (%)	BV	VH	TH	TH/VH
Leber	1	66,04	16,23	31,92	48,15	245,8	483,3	729,1	39,98	29,39	32,27	35,3	33,7	0,955
	2	49,29	8,01	28,23	36,24	162,5	572,7	735,2	21,19	25,9	24,69	32,6	22,1	0,677
	3	72,16	12,31	27,59	39,90	170,6	382,3	552,9	24,62	22,88	23,39	36,6	30,9	0,843
	4	42,04	8,72	19,22	27,94	207,4	457,2	664,6	18,17	19,09	18,79	37,1	31,2	0,841
	5	37,14	8,45	15,87	24,32	227,5	427,3	654,8	20,36	20,61	20,52	41,2	34,7	0,843
	6	58,0	9,90	22,75	32,65	170,7	392,2	562,9	18,13	17,38	17,6	33,1	30,3	0,916
	7	36,9	10,79	18,37	29,16	292,4	497,8	790,2	27,6	17,63	20,35	33,3	37,0	1,111
GI-Trakt	1	124,25	5,02	7,98	13,0	40,4	64,2	104,6	12,36	7,35	8,71	35,3	38,7	1,095
	2	120,08	5,36	10,22	15,58	44,6	85,1	129,7	14,18	9,38	10,61	32,6	34,4	1,054
	3	136,07	5,54	10,99	16,53	40,7	80,8	121,5	11,08	9,11	9,69	36,6	33,5	0,915
	4	114,39	2,23	5,0	7,23	19,5	43,7	63,2	4,65	4,97	4,86	37,1	30,9	0,832
	5	74,04	1,71	3,18	4,89	23,1	42,9	66,0	4,12	4,13	4,13	41,2	34,9	0,848
	6	123,3	5,15	5,05	10,2	41,8	41,0	82,7	9,43	3,86	5,50	33,1	50,5	1,526
	7	105,25	1,74	5,88	7,62	16,5	55,9	72,4	4,45	5,64	5,32	33,3	22,9	0,687
Niere	1	13,56	0,90	3,89	4,79	66,4	286,9	353,2	2,17	3,58	3,21	35,3	18,8	0,533
	2	13,68	0,97	3,87	4,84	70,9	282,9	353,8	2,57	3,55	3,30	32,6	20,0	0,513
	3	15,02	0,96	4,38	5,34	63,9	291,6	355,5	1,92	3,63	3,13	36,6	17,9	0,489
	4	10,39	0,55	2,33	2,88	52,9	224,3	277,2	1,15	2,31	1,94	37,1	19,2	0,518
	5	8,41	0,32	1,58	1,90	38,0	187,9	225,9	0,77	2,05	1,60	41,2	17,1	0,414
	6	15,1	0,94	3,57	4,51	62,3	236,4	298,7	1,72	2,73	2,43	33,1	21,0	0,633

Tabelle 4. (Fortsetzung)

		Gewicht (g)	EM (ml)	PV (ml)	BV (ml)	EM (µl/g)	PV (µl/g)	BV (µl/g)	EM	PV (%)	BV	VH	TH	VH/TH
Muskel	1	343,75	3,95	9,03	12,98	11,5	26,3	37,8	9,73	8,31	8,70	35,3	30,4	0,862
	2	345,61	3,92	8,93	12,85	11,3	25,8	37,2	10,73	8,19	8,75	32,6	30,5	0,935
	3	411,45	5,86	13,98	19,84	14,2	34,0	48,2	11,72	11,59	11,63	36,6	29,5	0,807
	4	354,26	2,49	8,31	10,90	7,0	23,7	30,8	5,19	8,35	7,33	37,1	22,8	0,615
	5	218,65	2,30	3,20	5,50	10,5	14,6	25,2	5,54	4,16	4,46	41,2	41,8	1,014
	6	533,55	6,55	13,86	20,41	12,3	26,0	38,3	12,0	10,59	11,0	33,1	32,1	0,9695
	7	341,6	2,46	8,17	10,63	7,2	23,9	31,1	8,85	7,48	7,42	33,3	23,2	0,696
Skelett	1	481,86	7,48	25,43	32,91	15,5	52,8	68,3	18,42	23,42	22,06	35,3	22,7	0,644
	2	482,81	7,58	26,71	34,29	15,7	55,3	71,0	20,05	24,5	23,36	32,6	22,1	0,678
	3	531,49	8,48	28,54	37,02	16,0	53,7	69,7	16,96	23,67	21,7	36,6	22,9	0,626
	4	389,61	4,55	17,10	21,65	11,7	43,9	55,6	9,48	16,98	14,56	37,1	21,0	0,567
	5	353,45	4,15	10,82	14,97	11,7	30,6	42,4	10,0	14,05	12,63	41,2	27,7	0,673
	6	459,65	6,9	19,46	26,36	15,0	42,3	57,3	12,64	14,87	14,21	33,1	26.2	0,791
	7	350,36	6,77	15,53	22,3	19,3	44,3	63,6	17,31	14,9	15,56	33,3	30,4	0,912
Milz	1	1,73	0,238	0,427	0,665	137,6	246,8	384,4	0,585	0,392	0,45	35,3	35,7	1,014
	2	1,69	0,263	0,481	0,744	155,6	284,6	440,2	0,695	0,441	0,51	32,6	35,3	1,083
	3	2,24	0,271	0,516	0,787	121,0	230,4	351,3	0,542	0,428	0,46	36,6	34,4	0,941
	4	1,75	0,187	0,2592	0,4462	106,8	148,1	254,9	0,39	0,26	0,30	37,1	41,9	1,129
	5	1,38	0,224	0,333	0,557	162,3	241,3	403,6	0,54	0,432	0,47	41,2	40,2	0,976
	6	2,2	0,236	0,312	0,548	107,4	141,9	249,3	0,432	0,24	0,30	33,1	43,1	1,302
	7	1,76	0,2495	0,4226	0,1731	98,4	141,8	240,2	0,44	0,24	0,29	33,3	41,0	1,230

Tabelle 4. (Fortsetzung)

		Gewicht (g)	EM	PV (ml)	BV	EM	PV (µl/g)	BV	EM	PV (%)	BV	VH	TH	TH/VH
Haut	1	201,4	1,42	2,45	3,87	7,1	12,1	19,2	3,50	2,26	2,59	35,3	36,7	1,039
	2	235,6	2,21	4,48	6,69	9,4	19,0	28,4	5,85	4,11	4,56	32,6	33,0	1,0135
	3	268,3	2,06	2,85	4,91	7,7	10,6	18,3	4,12	2,36	2,88	36,6	42,0	1,146
	4	220,9	1,02	2,02	3,04	4,6	9,1	13,8	2,02	2,06	2,04	37,1	33,6	0,904
	5	182,7	1,79	2,69	4,48	9,8	14,7	24,5	4,31	3,49	3,78	41,2	40,0	0,970
	6	288,2	2,05	4,82	6,87	7,1	16.7	23,8	3,58	3,76	3,70	33,1	29,8	0,902
	7	282,2	2,07	5,14	7,21	7,3	18,2	25,5	5,03	5,81	5,03	33,3	28,7	0,862
Schild drüse	1	0,43	0,020	0,053	0,073	47,2	123,8	171,0	0,050	0,044	0,049	35,3	27,6	0,782
	2	0,40	0,020	0,037	0,057	49,1	92,7	141,8	0,052	0,034	0,039	32,6	34,6	1,062
	3	0,51	0,019	0,035	0,054	36,3	68,6	104,9	0,037	0,029	0,032	36,6	34,6	0,945
	4	0,18	0,016	0,028	0,044	88,0	156,6	244,6	0,033	0,028	0,030	37,1	36,0	0,970
	5	0,32	0,016	0,022	0,038	50,6	67,4	118,0	0,039	0,028	0,032	41,2	42,9	1,041
	6	0,6	0,033	0,071	0,104	54,6	117,8	172,4	0,060	0,054	0,056	33,1	31,7	0,957
	7	0,18	0,008	0,016	0,024	45,6	86,8	132,4	0,021	0,015	0,017	33,3	34,4	1,034
Thymus	4	1,85	0,076	0,114	0,190	50,0	61,5	111,5	0,158	0,013	0,128	37,1	43,3	1,167
	6	3,73	0,069	0,130	0,199	18,5	34,7	53,2	0,127	0,099	0,107	33,1	34,8	1,051
	7	2,04	0,044	0,088	0,132	21,4	43,0	64,4	0,112	0,084	0,092	33,3	33,2	0,999

Tabelle 5. Einzelwerte (Organe) der 7 Tage alten Ferkel

		Gewicht (g)	EM	PV (ml)	BV	EM	PV (ul/g)	BV	EM	PV (%)	BV	VH	TH	TH/VH
Gehirn	1	35,56	0,29	0,57	0,86	8,7	16,0	24,1	0,65	0,5	0,54	33,1	33,2	1,002
	2	37,72	0,51	0,68	1,19	13,6	18,0	31,6	0,85	0,48	0,54	33,5	43,1	1,286
	3	34,5	0,48	0,80	1,28	13,9	23,2	37,1	0,9	0,61	0,69	33,1	37,8	1,142
	4	38,67	0,48	1,09	1,57	12,5	28,2	40,7	0,83	0,63	0,68	32,0	30,8	0,961
	5	36,81	0,33	1,09	1,41	8,9	29,5	38,4	0,98	0,7	0,75	21,0	23,1	1,098
	6	35,44	0,37	0,79	1,16	10,4	22,3	32,7	0,75	0,52	0,58	29,0	31,8	1,098
Herz	1	15,4	0,48	1,48	1,96	31,2	96,1	127,3	1,07	1,295	1,24	33,1	24,5	0,740
	2	9,12	0,43	1,33	1,76	47,1	145,8	193,0	0,715	0,938	0,87	33,5	24,4	0,729
	3	11,97	0,69	1,72	2,41	58,5	145,9	204,4	1,130	1,306	1,30	33,1	28,6	0,865
	4	20,54	0,48	1,76	2,24	23,4	85,7	109,1	0,83	1,012	0,97	32,0	21,5	0,672
	5	22,52	0,43	2,31	2,74	19,1	102,6	121,7	1,28	1,488	1,45	21,0	15,8	0,752
	6	17,07	0,45	1,63	2,08	26,4	95,5	121,9	0,92	1,083	1,04	29,0	21,8	0,752
Lunge	1	25,9	2,03	5,59	7,62	78,4	215,8	294,2	4,53	4,91	4,8	33,1	26,6	0,804
	2	28,89	3,25	9,49	12,74	112,5	328,5	441,0	5,41	6,67	6,3	33,5	25,5	0,761
	3	27,58	4,25	9,65	13,90	154,1	349,9	504,0	7,96	7,32	7,5	33,1	30,6	0,924
	4	44,51	4,42	11,18	15,60	99,3	251,1	350,4	7,66	6,44	6,74	32,0	28,4	0,886
	5	31,16	2,26	10,47	12,73	72,4	336,1	408,5	6,73	6,76	6,76	21,0	17,7	0,844
	6	33,75	3,81	11,74	15,55	112,8	347,9	460,7	7,76	7,80	7,79	29,0	24,5	0,844

Tabelle 5. (Fortsetzung)

		Gewicht (g)	EM	PV (ml)	BV	EM	PV (ul/g)	BV	EM	PV (%)	BV	VH	TH	TH/VH
Leber	1	46,0	5,07	15,69	20,76	110,2	341,1	451,3	11,32	13,78	13,08	33,1	24,4	0,738
	2	48,69	7,24	21,95	29,19	148,7	450,8	599,5	12,05	15,44	14,43	33,5	24,8	0,739
	3	47,65	7,01	19,93	26,94	147,1	418,3	565,4	13,13	15,11	14,54	33,1	26,0	0,786
	4	92,18	11,67	28,67	40,34	126,6	311,0	437,6	20,23	16,51	17,44	32,0	28,9	0,904
	5	83,05	5,74	28,75	34,49	69,1	346,2	415,3	17,08	18,57	18,31	21,0	16,6	0,792
	6	85,45	11,31	37,92	49,23	132,3	443,8	576,1	23,03	25,2	24,66	29,0	23,0	0,792
GI-Trakt	1	208,0	2,45	7,09	9,54	11,8	34,1	45,9	5,47	6,22	6,01	33,1	25,7	0,776
	2	180,84	3,24	5,43	8,67	17,9	30,0	47,9	5,39	3,82	4,24	33,5	37,4	1,117
	3	186,23	4,68	8,66	13,34	25,1	46,5	71,6	8,76	6,57	7,20	33,1	35,1	1,060
	4	190,42	5,96	13,22	19,18	31,3	69,4	100,7	10,33	7,62	8,29	32,0	31,1	0,972
	5	200,96	5,98	15,35	19,33	19,8	76,4	96,2	11,85	9,92	10,26	21,0	20,6	0,981
	6	189,26	4,75	11,98	16,73	25,1	63,3	88,4	9,67	7,96	8,38	29,0	28,4	0,981
Niere	1	14,15	0,46	2,36	2,82	32,5	166,8	199,2	1,03	2,07	1,78	33,1	16,3	0,492
	2	9,74	0,64	2,66	3,30	65,7	273,1	338,8	1,07	1,87	1,63	33,5	19,3	0,576
	3	9,27	0,47	2,87	3,34	50,7	309,6	360,3	0,88	2,18	1,80	33,1	14,0	0,423
	4	22,62	0,75	5,01	5,76	33,3	221,4	254,7	1,30	2,89	2,49	32,0	13,1	0,409
	5	18,5	0,57	5,13	5,69	30,7	277,1	307,8	1,70	3,31	3,02	21,0	10,0	0,475
	6	18,99	0,73	4,57	5,30	38,5	240,7	279,2	1,49	3,04	2,66	29,0	13,8	0,475
Muskel	1	463,4	3,72	11,64	15,36	8,0	25,1	33,1	8,30	10,22	9,68	33,1	24,2	0,731
	2	302	4,85	10,62	15,47	16,1	35,2	51,2	8,07	7,47	9,56	33,5	31,3	0,935
	3	331,3	4,15	10,67	14,82	12,5	32,2	44,7	7,77	8,09	8,00	33,1	28,0	0,845
	4	907	7,35	21,86	29,21	8,1	24,1	32,2	12,74	12,59	12,63	32,0	25,2	0,787
	5	663	4,18	19,96	24,13	6,3	30,1	36,4	12,44	12,89	12,81	21,0	17,3	0,825

		Gewicht (g)	EM	PV (ml)	BV	EM	PV (ul/g)	BV	EM	PV (%)	BV	VH	TH	TH/VH
Skelett	1	430,7	4,88	12,62	17,50	11,3	29,30	40,6	10,89	11,08	11,03	33,1	27,9	0,843
	2	505,4	8,47	24,63	33,10	16,8	48,7	65,5	14,09	17,32	16,36	33,5	25,6	0,764
	3	379,9	6,77	19,71	26,48	17,8	51,9	69,7	12,68	14,94	14,29	33,1	25,6	0,772
	4	612	8,87	20,69	29,56	14,5	33,8	48,3	15,37	11,92	12,77	32,0	30,0	0,936
	5	493	4,58	21,74	26,33	9,3	44,1	53,4	13,63	14,04	13,98	21,0	17,4	0,829
	6	525,5	6,57	207,0	27,27	12,5	39,4	51,9	13,38	13,75	13,66	29,0	24,0	0,829
Milz	1	4,26	0,363	0,659	1,022	85,2	154,7	239,9	0,811	0,579	0,64	33,1	35,5	1,073
	2	4,87	0,440	0,758	1,198	90,3	155,6	246,0	0,733	0,533	0,59	33,5	36,7	1,096
	3	4,78	0,342	0,640	0,982	71,5	133,9	205,4	0,64	0,485	0,53	33,1	34,8	1,051
	4	5,73	0,871	1,312	2,183	152,0	229,0	381,0	1,51	0,756	0,94	32,0	39,9	1,247
	5	5,64	0,302	0,986	1,288	53,5	174,8	228,4	0,90	0,637	0,68	21,0	23,5	1,117
	6	4,77	0,411	0,868	1,269	86,2	179,9	266,0	0,84	0,57	0,64	29,0	32,4	1,117
Haut	1	291,3	1,69	4,81	6,50	5,8	16,5	22,3	3,63	4,07	4,10	33,1	25,9	0,783
	2	349,1	2,72	6,39	9,11	7,8	18,3	26,1	5,62	4,63	4,50	33,5	30,0	0,845
	3	385,7	2,35	7,17	9,53	6,1	18,6	24,7	4,40	5,44	5,14	33,1	24,7	0,746
	4	408,4	4,12	10,83	14,95	10,1	26,5	36,6	7,12	6,24	6,46	32,0	27,6	0,862
	5	363,8	2,15	10,32	12,37	5,9	28,1	34,0	6,40	6,61	6,57	21,0	17,3	0,822
	6	438,5	3,68	11,71	15,39	8,4	26,7	35,1	7,51	7,79	7,74	29,8	23,8	0,822
Schild-drüse	1	0,61	0,027	0,057	0,084	44,1	93,4	137,5	0,06	0,05	0,053	33,1	32,1	0,969
	2	0,9	0,052	0,097	0,149	57,4	108,2	165,6	0,086	0,068	0,074	33,5	34,7	1,035
	3	0,86	0,042	0,074	0,116	49,1	85,9	135,0	0,074	0,056	0,063	33,1	36,4	1,099
	4	0,38	0,015	0,035	0,050	39,5	91,4	130,9	0,026	0,02	0,022	32,0	30,2	0,943
	5	0,31	0,008	0,031	0,039	27,1	99,9	127,0	0,025	0,02	0,021	21,0	21,2	1,016
	6	0,37	0,015	0,045	0,060	39,8	122,1	161,9	0,03	0,03	0,03o	29,0	24,6	0,848

Tabelle 5. (Fortsetzung)

		Gewicht	EM	PV	BV	EM	PV	BV	EM	PV	BV	VH	TH	TH/VH
		(g)		(ml)			(ul/g)			(%)				
Thymus	4	2,29	0,034	0,080	0,114	14,9	34,8	49,7	0,059	0,046	0,049	32,0	30,0	0,937
	5	0,85	0,012	0,046	0,058	14,2	54,6	68,8	0,036	0,030	0,031	21,0	20,6	0,983
	6	1,2	0,017	0,040	0,057	14,3	33,8	48,1	0,035	0,027	0,029	29,0	29,7	1,025

		Gewicht (g)	EM	PV (ml)	BV	EM	PV (ul/g)	BV	EM	PV (%)	BV	VH	TH	VH/TH
Gehirn	1	45,7	0,48	1,40	1,88	10,5	30,6	41,1	0,42	0,29	0,32	25,0	25,7	1,027
	2	40,6	0,23	0,89	1,12	5,7	21,9	27,6	0,32	0,31	0,31	22,8	20,4	0,895
	3	45,3	0,63	1,15	1,78	13,9	25,5	39,3	0,64	0,38	0,44	29,5	35,2	1,194
	4	42,87	0,29	1,04	1,33	6,8	24,2	31,0	0,26	0,26	0,26	24,0	22,0	0,916
	5	45,38	0,15	0,96	1,11	3,3	21,2	24,5	0,27	0,27	0,27	17,4	13,2	0,759
	6	45,79	0,33	1,11	1,44	7,2	24,2	31,4	0,33	0,23	0,25	20,9	23,0	1,100
Herz	1	28,83	0,582	3,23	3,81	20,2	112,0	132,2	0,51	0,68	0,65	25,0	15,3	0,611
	2	31,8	0,722	3,63	4,35	22,7	114,0	136,7	1,04	1,26	1,20	22,8	16,6	0,730
	3	23,8	0,766	2,13	2,90	32,2	89,8	122,0	0,77	0,70	0,72	29,5	26,4	0,895
	4	25,84	0,75	3,45	4,20	28,8	133,7	162,5	0,81	0,86	0,82	24,0	17,9	0,744
	5	36,17	0,792	4,91	5,70	21,9	135,6	157,5	1,28	1,39	1,40	17,4	13,9	0,799
	6	33,35	0,937	5,23	6,17	28,1	156,8	184,9	0,96	1,10	1,06	20,9	15,2	0,727
Lunge	1	73,83	4,34	16,18	20,52	58,8	219,2	278,0	3,84	3,41	3,49	25,0	21,2	0,846
	2	56,8	3,37	13,69	17,06	59,3	241,0	300,3	4,62	4,75	4,72	22,8	19,7	0,866
	3	82,8	6,02	18,18	24,2	72,7	219,6	292,3	6,16	5,94	5,99	29,5	24,8	0,842
	4	82,22	5,06	23,34	28,4	61,5	283,9	345,4	4,53	5,84	5,56	24,0	17,8	0,742
	5	56,8	3,36	19,8	23,16	59,2	348,6	407,7	6,03	5,59	5,65	17,4	14,5	0,833
	6	77,12	4,80	25,26	30,06	62,2	327,5	389,7	4,77	5,31	5,21	20,9	16,0	0,764
Leber	1	225,7	25,5	101,1	126,6	113,0	447,9	560,9	22,57	21,28	21,53	25,0	20,1	0,805
	2	145,1	12,8	55,0	67,8	8,2	379,0	467,3	17,53	19,07	18,76	22,8	18,9	0,829
	3	160,5	11,8	53,8	65,6	73,5	335,2	408,7	12,07	17,58	16,24	29,5	18,0	0,609
	4	178,1	8,7	45,8	54,5	48,8	257,2	306,0	7,8	11,47	10,67	24,0	16,0	0,665
	5	146,7	9,2	41,4	50,7	62,7	282,2	345,6	16,52	11,69	12,37	17,4	18,1	1,038
	6	206,5	13,1	61,7	74,8	63,4	298,8	362,2	12,93	12,97	12,97	20,9	16,6	0,840

Tabelle 6. (Fortsetzung)

		Gewicht (g)	EM	PV (ml)	BV	EM	PV (ul/g)	BV	EM	PV (%)	BV	VH	TH	VH/TH
GI-Trakt	1	451,6	8,2	25,4	33,6	18,2	56,2	74,4	7,27	5,35	5,71	25,0	24,4	0,977
	2	255,3	6,2	17,0	23,2	24,3	66,6	90,9	8,49	5,89	6,42	22,8	26,7	1,171
	3	318,5	4,4	13,0	17,4	13,8	40,8	54,6	4,50	4,25	4,31	29,5	25,0	0,849
	4	348,7	5,4	18,8	24,2	15,5	53,9	69,4	4,48	4,71	4,74	24,0	22,3	0,929
	5	300,0	3,2	16,0	19,2	10,7	53,3	64,0	5,75	4,52	4,68	17,4	16,8	0,963
	6	381,5	5,8	22,9	28,7	15,2	60,0	75,2	5,73	4,81	4,97	20,9	20,3	0,972
Niere	1	41,3	1,53	10,05	11,58	37,0	243,3	280,4	1,35	2,12	1,97	25,0	13,2	0,527
	2	22,71	0,38	5,29	5,67	16,7	232,9	249,7	0,52	1,83	1,57	22,8	6,7	0,295
	3	31,1	1,05	6,99	8,04	33,8	224,8	258,5	1,07	2,28	1,99	29,5	13,0	0,442
	4	28,78	0,74	7,54	8,28	25,7	262,0	287,7	0,66	1,89	1,62	24,0	8,9	0,370
	5	25,24	0,35	6,82	7,17	13,8	268,3	282,1	0,63	1,93	1,75	17,4	4,9	0,280
	6	34,23	0,53	8,84	9,37	15,5	258,3	273,7	0,52	1,86	1,62	20,9	6,4	0,306
Muskel	1	1723,6	12,0	43,4	55,4	7,0	25,2	32,2	10,62	9,14	9,42	25,0	21,7	0,867
	2	1116,8	6,1	26,5	32,6	5,5	23,7	29,2	8,36	9,19	9,02	22,8	18,6	0,914
	3	1406,5	18,5	37,8	56,3	13,2	26,9	40,0	18,92	12,35	13,94	29,5	32,9	1,116
	4	1937,8	19,0	82,1	101,1	9,8	42,4	52,2	17,03	20,56	19,78	24,0	18,8	0,782
	5	1107,0	4,4	32,7	37,1	4,0	29,5	33,5	7,90	9,23	9,05	17,4	11,7	0,674
	6	1967,1	9,6	45,7	55,3	4,9	23,2	28,1	9,48	9,61	9,59	20,9	17,3	0,827
Skelett	1	1110,0	12,2	41,6	53,8	11,0	37,5	48,5	10,8	8,76	9,15	25,0	22,8	0,910
	2	702,4	6,2	27,8	34,0	8,8	39,6	48,4	8,49	9,64	9,41	22,8	18,2	0,799
	3	940,5	13,3	31,9	45,2	14,1	33,9	48,1	13,60	10,42	11,19	29,5	29,6	1,002
	4	1108,3	13,6	50,2	63,8	12,3	45,3	57,6	12,19	12,57	12,49	24,0	21,3	0,888
	5	898,1	5,4	37,7	41,1	6,0	39,8	45,8	9,69	10,08	10,03	17,4	13,1	0,753

		Gewicht (g)	EM	PV (ml)	BV	EM	PV (ml/g)	BV	EM	PV (%)	BV	VH	TH	VH/TH
Milz	1	8,32	0,81	1,887	2,697	97,3	226,8	324,1	0,72	0,40	0,46	25,0	30,0	1,201
	2	8,6	0,858	1,750	2,608	99,6	203,4	303,0	1,13	0,61	0,72	22,8	32,9	1,441
	3	6,99	0,622	0,837	1,459	89,0	119,6	208,6	0,64	0,27	0,36	29,5	42,7	1,446
	4	9,26	0,839	1,829	2,668	90,6	197,5	288,1	0,752	0,458	0,52	24,0	31,4	1,310
	5	9,0	0,487	2,175	2,662	54,1	241,7	295,8	0,876	0,614	0,65	17,4	18,3	1,051
	6	11,88	0,999	3,348	4,347	83,5	279,7	365,9	0,986	0,704	0,75	20,9	22,8	1,100
Haut	1	1123,4	5,73	20,56	26,29	5,1	18,3	23,4	5,06	4,33	4,47	25,0	21,6	0,865
	2	842,6	3,29	14,16	17,44	3,92	16,8	20,7	4,49	4,91	4,83	22,8	18,9	0,831
	3	851,9	5,54	19,68	25,2	6,4	23,1	29,6	5,65	6,43	4,87	29,5	22,1	0,748
	4	1086,2	3,53	14,99	18,57	3,25	13,8	17,1	3,17	3,75	3,63	24,0	19,0	0,793
	5	979,6	2,94	14,89	17,83	3,0	15,2	18,2	5,27	4,21	4,35	17,4	12,6	0,726
	6	1270,5	6,35	27,82	34,18	5,0	21,9	26,9	6,26	5,85	5,92	20,9	18,5	0,887
Schild-drüse	1	1,49	0,051	0,156	0,207	34,2	104,7	138,9	0,045	0,033	0,035	25,0	24,6	0,985
	2	2,51	0,037	0,231	0,268	29,0	91,2	120,2	0,051	0,080	0,074	22,8	24,1	1,058
	3	1,17	0,039	0,098	0,137	33,4	83,7	117,1	0,040	0,034	0,034	29,5	28,5	0,967
	4	0,91	0,056	0,100	0,156	61,3	109,8	171,1	0,050	0,025	0,031	24,0	35,8	1,493
	5	1,38	0,044	0,177	0,221	31,9	128,2	160,1	0,079	0,005	0,054	17,4	19,9	1,145
	6	0,49	0,014	0,057	0,071	28,1	116,5	144,6	0,014	0,012	0,012	20,9	19,4	0,930

8. LITERATURVERZEICHNIS

1. AARSETH, P.:
Reduktion in pulmonary blood volume after a blood loss. Acta Physiol. Scand., 80: 459 (1970).

2. AARSETH, P., AARSETH, S., BERGAN , A.:
Blood volume partition after acute cholestsis in the rat. Europ. Surg. Res., 8: 61 (1976).

3. AARSETH, P., WAALER, B.A., NICOLAYSEN, D.:
Rabbit lung plasma and erythrocyte volumes. Lung hematocrit in relation to total body hematocrit. Acta Physiol. Scand., 103: 165 (1978).

4. ADAMS, F. H., YANAGISAWA, M., KUZELA, D., MARTINEK,H.:
The disappearance of fetal lung fluid following birth. J. Pediat., 78: 837 (1971).

5. BEHRMANN, R. E., LEES, M. H.:
Organ blood flows of the fetal, newborn and adult Rhesus monkey. Biol. Neonate, 18: 330 (1971).

6. BERG, D.:
Beeinflußung des Jodstoffwechsels der Ratte durch Jodmangel und Narkotika (Thesis, Saarbrücken, 1976).

7. BETKE, K.:
Der menschliche rote Blutfarbstoff. Berlin-Göttingen-Heidelberg: Springer (1954).

8. BETKE, K.:
Hämatologie der ersten Lebenszeit. Ergebnisse Inn. Med. Kinderheilk. N. F., 9: 437 (1958).

9. BETKE, K.:
Haushalt und Regulation des Blutfarbstoffes im Kindesalter. Archiv Kinderheilk., 159: 51 (1959).

10. BIEWALD, N., BILLMEIER, J.:
Blood volume and extracellular space (ECS) of the whole body and some organs of the rat. Seperatum Experienta, 34: 412 (1978).

11. BRATTEBY, L.-E.:
Studies on erythro-kinetics in infancy. VIII. Mixing, disappearance rates and distribution volume of labelled erythrocytes and plasma proteins in early infancy. Acta Soc. Med. Upsal., 72: 249 (1967).

12. BUSH, J. A., JENSEN, W. N., CARTWRIGHT, G. E., WINTROBE, M. M.:
Blood volume studies in normal and anemic swine. J. Anim. Sci., 181: 9 (1955).

13. CALLAHAN, R. J., MCKUSICK, K. A., LAMSON, M., CASTRONOVO, F. P., POTSAID, M. S.:
Technetium-99m-human serum albumin: Evaluation of a commercially produced kit. J. Nucl. Med., 17: 47 (1976).

14. DEAVERS, S., HUGGINS, R. A., SMITH, E. L.:
Changes in cell and plasma volumes of various organs produced by a massive transfusion in dogs. Amer. J. Physiol., 191: 159 (1957).

15. DWORKIN, H. J., GUTKOWSKI, R. F.:
Rapid closed System Production of ^{99m}Technetium albumin using electrolysis J. Nucl. Med., 12: 562-565 (1971).

16. EVERETT, N. B., SIMMONS, B., LASHER, E. P.:
Distribution of blood (Fe^{59}) and plasma (I^{131}) volumes of rats determined by liquid nitrogen freezing. Circ. Res., 4: 419 (1956).

17. FUNG, Y. C.:
Stochastic flow in capillary blood vessels. Microvasc. Res., 5: 34 (1973).

18. FURUGOURI, K.: Kinetics in iron metabolism in piglets. J. Anim. Sci., 38: 1249 (1974).

19. GIBSON, J. G., SELIGMAN, A. M., PEACOCK, W. C., AUB, J. C., FINE, J., EVANS, R. D.:
The distribution of red cells and plasma in large and minute vessels of the normal dog, determined by radioactive isotops of iron and iodine. J. Clin. Invest., 25: 848 (1946).

20. GRUSKIN, A. B., EDELMANN, C. M., YUAN, S.:
Maturational changes in renal blood flow in piglets. Pediat. Res., 4: 7 (1970).

21. JODAL, M., LUNDGREN, O.:
Regional distribution of red cells, plasma and blood volume in the intestinal wall of the cat. Acta Physiol. Scand., 80: 533 (1970).

22. KRAMER, K., THURAU, K., DEETJEN, P.:
Hämodynamik des Nierenmarks. I. Mitteilung Capilläre Passagezeit, Blutvolumen, Durchblutung, Gewebshämatokrit und O_2-Verbrauch des Nierenmarks in situ. Pflügers Arch. Ges. Physiol., 270: 251 (1960).

23. LAMSON, M., CALLAHAN, R. J., CASTRONOVO, F. P., MC-KUSICK, K.'A., POTSAID, M. S.:
A rapid index of free activity in preparations of ^{99m}Tc-albumin. J. Nucl. Med., 15: 1061 (1974).

24. LARSEN, O. A., LASSEN, N. A.:
Cerebral hematocrit in normal man. J. Appl. Physiol., 19: 571 (1964).

25. LAWSON, H. C.:
The volume of blood - a critical examination of methods for its measurement. IN: W. F. Hamilton, and P. Dow: Handbook of Physiology, section 2: Circulation, p. 23 (American Physiological Society, Washington, 1962).

26. LINDERKAMP, O., BETKE, K., GÜNTNER, M., RIEGEL, K. P., WALSER, K.:
Placental transfusion in naturally born piglets. (In Vorbereitung; 1979).

27. LINDERKAMP, O., HOLTHAUSEN, H., SEIFERT, J., BUTENANDT, I., RIEGEL, K. P.:
Accuracy of blood volume estimations in critically ill children using ^{125}I-labelled albumin and ^{51}Cr-labelled red cells. Europ. J. Pediat., 125: 143 (1977a).

28. LINDERKAMP, O., LAU, B., RIEGEL, K. P., BETKE, K.:
Blood volume of children with leukemia. Acta Paediat. Scand., 67: 281 (1978).

29. LINDERKAMP, O., MADER, T. BUTENANDT, O., RIEGEL, K. P.:
Plasma volume estimation in severely ill infants and children using a simplified Evans blue method. Europ.

J. Pediat., 125: 135 (1977b).

30. LINDERKAMP, O., ROTH, G., SENGESPEIK, C., VERSMOLD, H., RIEGEL, K.: Blutvolumen, Serumeisen und Erythrozytenparameter von ausgetragenen, früh abgenabelten Säuglingen im ersten Lebensjahr. Klin. Pädiat.,186: 511 (1974).

31. LINDERKAMP, O., VERSOMOLD, H. T., STROHHACKER, I., MESSOW-ZAHN, K., RIEGEL, K. P., BETKE, K.: Capillary-venous hematocrit differences in newborn infants I. Relationship to blood volume, peripheral blood flow, and acid base parameters. Europ. J. Pediat., 127: 9 (1977c).

32. MCCANCE, R. A., WIDDOWSON, E.: The effect of colostrum on the composition and volume of the plasma of newborn piglets. Physiol.,145: 547 (1959).

33. MEJIA, R. H.: Regional hematocrit ratio and interstitial fluid volume in the normal rat. Experienta, 24: 43 (1968).

34. MOLLISON, P. L., VEALL, N., CUTBUSH, M: Red cell and plasma volume in newborn infants. Arch. Dis. Child.,25: 242 (1950).

35. ORZALESI, M. M., MOTOYAMA, E. K., JACOBSON, H. N., KIKKAWA, Y., REYNOLDS, E. O. R., COOK, C. D.: The development of the lungs of lambs. Pediatrics, 35: 373 (1965).

36. PAPPENHEIMER, J. R., KINTER, W. B.: Hematocrit ratio of blood within mammalian kidney and its significance for renal hemodynamics. Amer. J. Physiol.,

185: 377 (1956).

37. PEARSON, H. A.:
The binding of Cr^{51} to hemoglobin. I. In vitro studies. Blood, 22: 218 (1963).

38. POWNALL, R., DALTON, G.:
Blood and plasma volumes of neonatal pigs expressed relative to body weight and total body water. Br. vet. J., 129: 583 (1973).

39. RAMIREZ, C. G., MILLER, E. R., ULLREY, D. E., HOEFER, J. A.:
Swine hematology from birth to maturity. III. Blood volume of the nursing pig. J. Anim. Sci., 22: 1068 (1963).

40. REDDY, G. D., GOOTMAN, N., BUCKLEY, N. M., GOOTMAN, P. M., CRANE, L.:
Regional blood flow changes in neonatal pigs in response to hypercapnia, hemorrhage and sciatic nerve stimulation. Biol. Neonate, 25: 249 (1974).

41. REICH, J. G., TILL, U., FRUNDER, H.:
Bestimmung des Blutzell- und Blutplasmagehaltes von Leber, Niere und Milz der Ratte. Acta. Biol. Med. German., 18: 383 (1967).

42. REUBI, F. C., VORBURGER, C., PFEIFFER, G., GOLDER, S.:
Comparison of renal blood flow and transit times measured by means of ^{99m}Tc-labelled erythrocytes and indocyanine green in humans with normal and diseased kidneys. Clin. Sci. Mol. Med., 51: 151 (1976).

43. RIEGEL, K., HILPERT, P., BARTELS, H.:
Vergleichbare Untersuchungen der Erythrozytenmorphologie,

des fetalen Hämoglobins und der Sauerstoffaffinität des Blutes von Säuglingen, Zicklein und Lämmern. Acta Haemat., 25: 164 (1961).

44. RIEGEL, K., RUHRMANN, G.:
Über die Atemgastransportfunktion des Blutes und der Erythropoese junger Kaninchen. Acta Haemat. (Basel 1964), 32: 129.

45. RIEGEL, K., BARTELS, H., SCHNEIDER, J.:
Veränderungen der Sauerstoffaffinität des Hämoglobins und der Erythrozyten im Blut von Frühgeborenen und ausgetragenen Säuglingen im ersten Trimenon. Z. Kinderheilk., 83: 209 (1959).

46. ROTH, G.:
Die postnatalen Änderungen von Hämoglobinkonzentration, Blutvolumen und 2,3-Diphosphoglycerat in Erythrozyten bei normalen und anpassungsgestörten Ferkeln. Inaug.-Diss. München (1976).

47. ROWE, M. I., ARCILLA, R. A.:
Hemodynamic adaptation of the newborn to hemorrhage. J. Pediat. Surg., 3: 278 (1968).

48. SACHS, L.:
Angewandte Statistik. Berlin-Heidelberg-New-York: Springer (1974).

49. SCHMIDT-SCHOENBEIN, G. W., ZWEIFACH, B. W.:
RBC velocity profiles in arterioles and venules of the rabbit omentum. Microvasc. Res., 10: 153 (1975).

50. SEBESTIK, V., BRABEC, V.:
Red cell, plasma and whole blood volumes in organs of normal and hypersplenic rats. Blut, 29: 203 (1974).

51. SETIABUDI, M., SHENG, H. P., HUGGINS, R. A.:
Growth of the pig: Changes in red cell and plasma volumes. Growth, 40: 127 (1976).

52. SMITH, E. L., DEAVERS, S., HUGGINS, R. A.:
Absolute and relative organ blood volumes and organ hematocrits in growing beagles. Proc. Soc. Exp. Biol. Med., 140: 285 (1972).

53. STARR, M. C., FRASHER, W. G.:
In vivo cellular and plasma velocities in microvessels of the cat mesentery. Microvasc. Res., 10: 102 (1975).

54. TALBOT, R. B., SWENSON, M. J.:
Blood volume of pigs from birth through 6 weeks of age. Amer. J. Physiol., 218: 1141 (1970).

55. TAUTZ, C., KLEIHAUER, E.:
Gibt es ein fetales Hämoglobin beim Schwein ? II. Analysen des Globins. Res. Exp. Med., 159: 44 (1972).

56. THURAU, K., DEETJEN, P., KRAMER, K.:
Hämodynamik des Nierenmarks. II. Mitteilung. Wechselbeziehung zwischen vasculärem und tubulärem Gegenstromsystem bei arteriellen Drucksteigerungen, Wasserdiurese und osmotischer Diurese. Pflügers Arch. Ges. Physiol., 270: 270 (1960a).

57. THURAU, K., SUGIURA, T., LILIENFIELD, L. S.:
Micropuncture of renal vasa recta in hydropenic hamsters. Clin. Res., 8: 383 (1960b).

58. TOULOUKIAN, R. J., SPENCER, R. P., STINSON, K. K.:
Alimentary circulation in the pup during the postnatal period. Arch. Surg., 102: 516 (1971).

59. ULFENDAHL, H. R.:
Distribution of red cells and plasma in rabbit and cat kidneys. Acta Physiol. Scand., 56: 42 (1962).

60. WALKER, A. M., ALCORN, D. G., CANNATA, J. C., MALONEY, J. E., RITCHIE, B. C.:
Effect of ventilation on pulmonary blood volume of the fetal lamb. J. Appl. Physiol., 39: 969 (1975).

61. WALSER, K., SCHWARZ, V.:
Untersuchungen zur mutterlosen Ferkelaufzucht mit Bruminal komplett. 2. Mitteilung: Das rote Blutbild der Ferkel. Tierärztliche Umschau, 24: 431 (1969).

62. WIDDOWSON, E. M., COLOMBO, V. E., ARTAVANIS, C. A.:
Changes in the organs of pigs in response to feeding for the first 24 hours after birth. II. The digestive tract. Biol. Neonate, 28: 272 (1976).

63. YEN, T. T. T., STIENMETZ, J., SIMPSON, P. J.:
Blood volume of obese and diabetic mice. Proc. Soc. Exp. Biol. Med., 133: 307 (1970).

64. YUAN, S. T. H., HEYMANN, M., RUDOLPH, A. M.:
Relationship between ventricular weight, pressure and myocardial blood flow in the newborn piglets (,).

Circulation, 33 and 34: (Suppl. III), III-243 (1966).

L E B E N S L A U F

Am 8.5.1951 wurde ich als Sohn des Landwirtsehepaares Franz und Katharina Köferl, geb. Bleicher, in Haselmühl geboren. Von 1957 bis 1962 besuchte ich die Volksschule in Kümmersbruck, bevor ich in das Humnistische Gymnasium in Weiden aufgenommen wurde. 1964 wechselte ich in das Erasmus-Gymnasium in Amberg über, wo ich im Juni 1971 das Abitur ablegte. Im WS 1971/72 begann ich an der LMU München Tiermedizin zu studieren, doch bereits im SS 1972 wechselte ich auf das Fach Medizin über. Das Physikum bestand ich am Ende des WS 1973/74. Den ersten Teil des Staatsexamens legte ich im März 1975, den zweiten Teil Ende März 1977 erfolgreich ab. Im Mai 1978 bestand ich den dritten Teil des Staatsexamens nach jeweils 4 Monate langer praktischer Ausbildung in Chirurgie (Lehrkrankenhaus Ingolstadt, Prof. Eisenreich), in Innerer Medizin (Universität München) und in Kinderheilkunde (Hauner'sche Kinderklinik). Seit 3.7.78 bin ich als Assistenzarzt der Anästhesieabteilung am Städtischen Krankenhaus Amberg beschäftigt.

DANKSAGUNG

Danken möchte ich Herrn Prof. Dr. Riegel
für die Überlassung des Themas, die wertvollen
Anregungen und die Korrektur der Arbeit.
Herzlich bedanke ich mich bei Herrn Privatdozent
Dr. Linderkamp für die jederzeit
entgegenkommende und liebenswürdige
Unterstützung bei der Durchführung und
Auswertung der Arbeit.
Mein Dank gilt Herrn Prof. Dr. Kriegel,
Leiter der Abteilung Nuklearbiologie der
Gesellschaft für Strahlen- und Umweltforschung,
Neuherberg, für die Möglichkeit, die
vorliegende Arbeit innerhalb seiner Abteilung
anzufertigen.
Besonders danken möchte ich Herrn Dr. Berg,
Abteilung Nuklearbiologie, der mich stets auf
das Großzügigste unterstützte und bei der
Auswertung jederzeit zur Seite stand.
Frau Monika Hoffmann, Fräulein Monika Güntner
und Herrn Dr. Franz Buchberger danke ich herzlich
für ihre technische Hilfe.

Druckerei Born, Lindenstraße 6, 8451 Kümmersbruck, Telefon (09621) 82258